POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA EDILE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

I SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI

Valutazione economica e analisi in ambiente GIS delle foreste demaniali del Goceano in Sardegna

Relatore:

Prof. sa Manuela Rebaudengo

Candidato:

Lorenzo Michelis

Correlatore:

Prof. Francesco Prizzon

Ottobre 2020

POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA EDILE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

I SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI

Valutazione economica e analisi in ambiente GIS delle foreste demaniali del Goceano in Sardegna

Relatore:

Prof. ssa Manuela Rebaudengo

Candidato:

Lorenzo Michelis

Correlatore:

Prof. Francesco Prizzon

Ottobre 2020

Alla mia famiglia

"Tra vent'anni non sarete delusi delle cose che avete fatto ma da quelle che non avete fatto. Allora levate l'ancora, abbandonate i porti sicuri, catturate il vento nelle vostre vele. Esplorate. Sognate. Scoprite." – Mark Twain

INDICE

ABSTRACT 1
INTRODUZIONE 5
CAPITOLO 1. I SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI (SEF) 7
1.1. Cosa sono i Servizi Ecosistemici 7
1.2. Il quadro normativo di riferimento 11
1.2.1. L'evoluzione della normativa forestale in Italia 11
1.2.2. La suddivisione delle competenze agricolo – forestali tra Stato e Regioni 11
CAPITOLO 2. IL VALORE ECONOMICO DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI (SEF) 13
2.1. Il Valore Economico Totale (VET) 13
2.1.1. Le componenti del VET: classificazione e valutazione economica 14
2.2. Il valore economico (VE) 16
2.2.1. Definizione valore di macchiatico 16
2.2.2. Stima dei ricavi 17
2.2.2.1. Tavole di cubatura 17
2.2.2.1.1. Tavole di cubatura a singola entrata 18
2.2.2.1.2. Tavole di cubatura a doppia entrata 18
2.2.2.2. Classe di provvigione 19
2.2.2.3. Massa volumica allo stato fresco e massa volumica commerciale 19
2.2.3. Stima dei costi 21
2.2.3.1. Costi delle operazioni di utilizzazione 21
2.2.3.2. Costi di amministrazione e gestione 21
CAPITOLO 3. LE FORESTE DEMANIALI DEL GOCEANO: FIORENTINI – ANELA – MONTE PISANU (SASSARI) 23
3.1. Inquadramento territoriale 24
3.2. Inquadramento catastale 25
3.3. Quadro conoscitivo del complesso 31
3.3.1. Il Sistema Informativo Territoriale (SIT) 31
3.3.2. Le origini storiche del complesso forestale 36
3.3.3. Inquadramento climatico 37
3.3.3.1. Temperature 37
3.3.3.2. Precipitazioni 38
3.4. Realizzazione del modello GIS 39
3.4.1. Obbiettivi del modello 39

3.4.2. Caratteristiche del modello 40
3.4.3. Costruzione del modello tridimensionale del terreno – DTM 43
3.5. Descrizione delle sottocategorie forestali e delle specie arboree presenti 45
3.5.1. Stima del numero di piante presenti per ciascuna specie 56
CAPITOLO 4. LA STIMA DEI SEF PER LE FORESTE DI FIORENTINI, ANELA E MONTE PISANU 63
4.1. Il Valore economico (VE) 63
4.1.1. Confronto tra i metodi di valutazione della quantità di approvvigionamenti 63
4.1.1.1. Tavole di cubatura a singola entrata 64
4.1.1.2. Tavole di cubatura a doppia entrata 64
4.1.1.3. Classe di provvigione 65
4.1.2. Determinazione della quantità di approvvigionamenti per ciascuna specie 66
4.1.3. Stima dei ricavi 71
4.1.3.1. Legname da lavoro e legname per uso energetico 73
4.1.3.2. Sughero gentile e sugherone 75
4.1.4. Stima dei costi 80
4.1.4.1. Legname da lavoro e legname per uso energetico 80
4.1.4.2. Sughero gentile e sugherone 84
4.1.5. Determinazione del Valore Economico (VE) 85
4.2. IL VALORE ECONOMICO TOTALE (VET) 88
4.2.1. Tipologia di Servizi Ecosistemici Forestali considerati 88
4.2.2. Servizi Ecosistemici Forestali non valutati economicamente 89
4.2.3. Funzione di approvvigionamento 90
4.2.3.1. Legname da lavoro 90
4.2.3.2. Legname per uso energetico 91
4.2.3.3. Sughero gentile e sugherone 92
4.2.4. Funzione di regolazione 93
4.2.4.1. Protezione idrogeologica 93
4.2.4.2. Sequestro di Carbonio 102
4.2.4.2.1. Il mercato della CO_2 – ETS 107
4.2.5. Valore Culturale 112
4.2.5.1. Turismo 112
4.2.5.1.1. A Misura di Comune 112
4.2.5.1.2. Vincoli in rete 114
4.2.5.1.3. Le attrazioni turistiche del complesso forestale 115
4.2.5.1.4. Rilevazione ed analisi afflusso turistico 118
4.2.5.1.5. Valutazione economica della presenza turistica 121

4.2.6. Determinazione del Valore Economico Totale (VET) 129
CAPITOLO 5. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE 133
5.1. Sviluppi futuri 141
BIBLIOGRAFIA 143
SITOGRAFIA 147
RINGRAZIAMENTI 149
ALLEGATI 151
Allegato 1: Specie forestali presenti in ciascuna SF 153
Allegato 2: Numero piante per specie forestale presenti in ciascuna SF 153
Allegato 3: Assortimenti legnosi disponibili per specie forestali presenti in ciascuna SF 154
Allegato 4: Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di legname disponibile in ciascuna SF 154
Allegato 5: Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di sughero gentile e sugherone disponibile in ciascuna SF classificata come sughereta 155
Allegato 6: Costi di trasformazione del legname da lavoro o per uso energetico prodotto per ciascuna SF 155
Allegato 7: Costi di trasformazione del sugherone e del sughero gentile prodotti per ciascuna SF classificata come sughereta 156
Allegato 8: Valore economico (VE) e valore parametrico per ciascuna SF 156
Allegato 9: VET – Funzione di approvvigionamento, legname da lavoro 157
Allegato 10: VET – Funzione di approvvigionamento, legname per uso energetico 157
Allegato 11: VET – Funzione di regolazione, protezione idrogeologica 158
Allegato 12: Determinazione della quantità di CO_2 assorbita da ciascuna specie forestale presente in ciascuna SF 158
Allegato 13: VET – Funzione di regolazione, sequestro di Carbonio 159
Allegato 14: VET – Funzione culturale, turismo 159
Allegato 15: Valore economico totale (VET) e valore parametrico per ciascuna SF 160
Allegato 16: Confronto tra il VE e il VET per ciascuna SF 160

ABSTRACT

Negli ultimi decenni si è incominciato a riconoscere l'importanza dei benefici derivanti dalla presenza degli ecosistemi naturali sulle attività antropiche, cercando di attribuire un valore economico per ciascuno di essi. Si tratta nella maggior parte dei casi di beni ambientali pubblici, come ad esempio foreste, spiagge e laghi, per i quali spesso non è presente un valore di mercato di riferimento. La valutazione monetaria di questi benefici, definiti servizi ecosistemici (SE), rappresenta quindi un elemento importante per la pianificazione e gestione del territorio e, in secondo luogo, permette alla popolazione di riconoscere l'importanza della presenza di tali opere. Un metodo riconosciuto a livello internazionale per la valutazione economica di tutti i servizi ecosistemici è il Valore Economico Totale, il quale permette di considerare sia il valore socioeconomico e culturale del bene pubblico.

L'oggetto di studio di questa tesi di laurea è rappresentato dal complesso forestale denominato "Fiorentini – Anela – Monte Pisanu", costituito da oltre 4.800 ettari di terreno boscato, situato nel distretto forestale del Goceano in provincia di Sassari, Sardegna. In questo elaborato viene quindi determinato, utilizzando la teoria del Valore Economico Totale, il valore monetario dei servizi ecosistemici forestali (SEF) forniti alla popolazione dall'area in esame. Infine, dal confronto con il Valore Economico, determinato per la stessa area ma considerando soltanto la produzione di materiale legnoso vendibile, si evidenzia la grande importanza dei benefici ambientali, culturali e socioeconomici presenti.

ABSTRACT

In the last twenty years, the importance of the benefits deriving from the presence of natural ecosystems on anthropic activities has begun to be recognized, trying to attribute an economic value to each of them. In most cases, these are public environmental assets, such as forests, beaches, and lakes, for which there is often no reference market value. The monetary evaluation of these benefits, defined ecosystem services (SE), represents an important element for the planning and management of the territory and, secondly, allows the population to recognize the importance of the presence these public items. An internationally recognized method for the economic evaluation of all ecosystem services is called Total Economic Value, which makes it possible to consider both the socioeconomic value and cultural value of the public good.

The object of study of this paper is represented by the forest complex named "Fiorentini - Anela - Monte Pisanu", consisting of over 4.800 hectares of wooded land, located in the forest sub-district of “Goceano” in the province of Sassari, Sardinia, Italy. In this paper, the monetary value of the forest ecosystem services provided to the population by the area in question is then determined, using the approach of Total Economic Value. Finally, from the comparison with the Economic Value, determined for the same area but considering only the production of salable wood material, the great importance of the environmental, cultural, and socio-economic benefits is emphasized.

INTRODUZIONE

L'obbiettivo principale di questa tesi è quello di attribuire una valutazione economica ai servizi ecosistemici forestali, rappresentati da tutti quei beni o servizi forniti dagli ecosistemi naturali, principalmente le foreste, al genere umano. La valutazione economica dettagliata e prima ancora il riconoscimento da parte della società umana dell'esistenza di questi benefici messi a disposizione della collettività dalla natura è molto recente; infatti solo nel 2005, grazie ad un progetto di ricerca in ambito internazionale, finanziato dall'ONU e durato alcuni anni, viene presentato un primo rapporto internazionale sulle tematiche dei servizi ecosistemici. Negli anni successivi, anche a causa dell'aumento dell'inquinamento atmosferico e dell'insorgere dei primi cambiamenti climatici a livello planetario, primo fra tutti l'innalzamento della temperatura media globale con conseguente riduzione dei ghiacciai, sono state realizzate numerose attività di ricerca scientifica per promuovere, riconoscere, valutare e salvaguardare questi importanti servizi ecosistemici. Determinando il valore economico di un qualsiasi ecosistema naturale che fornisce servizi ecosistemici, è possibile fare dei ragionamenti per la conservazione ed il mantenimento dello stesso. La valutazione economica rappresenta quindi un dato oggettivo di riferimento che può essere utilizzato dai tecnici addetti alla gestione, pianificazione e programmazione territoriale per suggerire determinate scelte in luogo di interventi e politiche ambientali.

Per poter applicare i concetti precedentemente introdotti è stata individuata un'opportuna area forestale al fine di stimare il valore dei servizi ecosistemici prodotti. L'area scelta è situata in Sardegna, nel sub-distretto regionale del Goceano, ed è costituita da tre foreste demaniali, denominate "Anela", "Fiorentini" e "Monte Pisanu", aventi nel complesso un'estensione di oltre 4.800 ettari situate all'interno dei territori comunali di Anela, Bono, Bottida e Bultei, in provincia di Sassari.

Successivamente, per iniziare l'analisi di queste tematiche, si è proceduto attraverso una ricerca bibliografica di numerose pubblicazioni scientifiche e di settore riguardanti principalmente la definizione e classificazione dei servizi ecosistemici forestali, indicati anche con l'acronimo SEF, e le varie metodologie da utilizzare per la successiva valutazione economica degli stessi. In parallelo a questa attività viene raccolto materiale informativo relativo al caso studio scelto, in modo da avere a disposizione un quadro descrittivo completo, sia dal punto di vista teorico che applicativo.

Dall'analisi bibliografica si evince che il metodo di stima più utilizzato a livello internazionale per la valutazione dei servizi ecosistemici forestali è rappresentato dal Valore Economico Totale, il quale considera le foreste tutelate dall'interesse pubblico e prende in considerazione tutte le componenti presenti. A questo si contrappone in letteratura il Valore Economico, il quale considera semplicemente il valore di mercato dei prodotti ritraibili dalle foreste, senza riconoscere quindi l'esistenza dei loro benefici e dunque di un conseguente interesse pubblico. Considerato in questo modo, il valore dell'ecosistema dipende esclusivamente dal valore di mercato dei prodotti vendibili e dalle regole di equilibrio della domanda e dell'offerta a cui deve sottostare un generico imprenditore forestale. Questa interpretazione economica al giorno d'oggi può sembrare fuori luogo, eppure fino agli anni 2000 alle foreste in Italia veniva riconosciuta soltanto la funzione produttiva e quella di protezione del suolo dal rischio idrogeologico. Con la nuova normativa forestale del 2001 alle foreste sarà attribuita anche una visione sistemica, considerandole cioè un ecosistema complesso in grado di produrre numerosi servizi.

La valutazione economica dei servizi ecosistemici forestali erogati dall'area forestale scelta sarà quindi determinata dalla differenza tra il Valore Economico Totale ed il Valore Economico. Essendo il Valore

Economico una delle componenti del Valore Economico Totale, si procederà in primo luogo alla determinazione del primo contributo, per poi determinare successivamente tutte le altre componenti presenti e valutarne infine la differenza.

Per quanto riguarda invece l'area di studio del Goceano, avendo a disposizione le informazioni geometriche e forestali digitalizzate sotto forma di dati georeferenziati, è stato implementato in ambiente GIS il modello plano-altimetrico del territorio. Grazie a questa operazione è stato possibile innanzitutto visualizzare in modo dettagliato e approfondito le proprietà e le caratteristiche dell'intera area oggetto di analisi in quanto non è stato effettuato un rilievo in situ, anche a causa della fase di emergenza sanitaria globale affrontata nella scorsa primavera. Il modello realizzato ha permesso una semplice analisi più di quanto avrebbero potuto fare qualsiasi carta tematica o elenchi di dati.

Inoltre, il modello è stato utilizzato a supporto della trattazione estimativa, sia per visualizzare i risultati della stessa ma anche in alcune occasioni per reperire in modo rapido dal territorio importanti dati o caratteristiche necessarie alla valutazione economica.

Per la realizzazione di tutto il processo di lavoro sopra descritto, dalla ricerca bibliografica alla parte estimativa e passando per la realizzazione del modello GIS, è stato utilizzato un approccio di tipo ingegneristico ovvero sono state analizzati in dettaglio i problemi e le tematiche da affrontare al fine di individuare la soluzione migliore. In diverse occasioni infatti, prima di scegliere a priori una soluzione, sono stati riportati i risultati di alcune possibili alternative e, soltanto dopo aver effettuato un'analisi critica, si è individuata la scelta più adatta per le condizioni reali. Per quanto riguarda la parte di valutazione economica si è fatto riferimento ai valori reali di mercato dei vari beni, mediante la consultazione di prezzari e listini prezzi aggiornati oppure analizzando precedenti compravendite di beni simili, realizzate nelle medesime aree di interesse e in tempi recenti. Si ritiene in questo modo di aver ottenuto una stima del valore economico dei servizi ecosistemici forestali realistica e legata agli attuali valori di mercato dei beni interessati.

Figura 1 – Vista panoramica sul distretto del Goceano e sulle foreste demaniali. [Fonte: http://www.sardegnadigitallibrary.it/].

CAPITOLO 1.
I SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI (SEF)

1.1. Cosa sono i Servizi Ecosistemici

I servizi ecosistemici sono definiti in ambito internazionale come i benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano e rappresentano un collegamento tra la sfera ambientale e la sfera socioeconomica, la sfera del benessere antropico e gli aspetti biofisici. All'interno di questo quadro di relazioni interdisciplinari si possono evidenziare e quantificare le funzioni ecosistemiche definite come "la capacità dei processi e dei componenti naturali di fornire beni e servizi che soddisfino, direttamente o indirettamente, le necessità dell'uomo e garantiscano la vita di tutte le specie."[1]

Nella figura seguente vengono sinteticamente rappresentate tutte le principali componenti dei beni e servizi ecosistemici prodotti da un generico ecosistema.

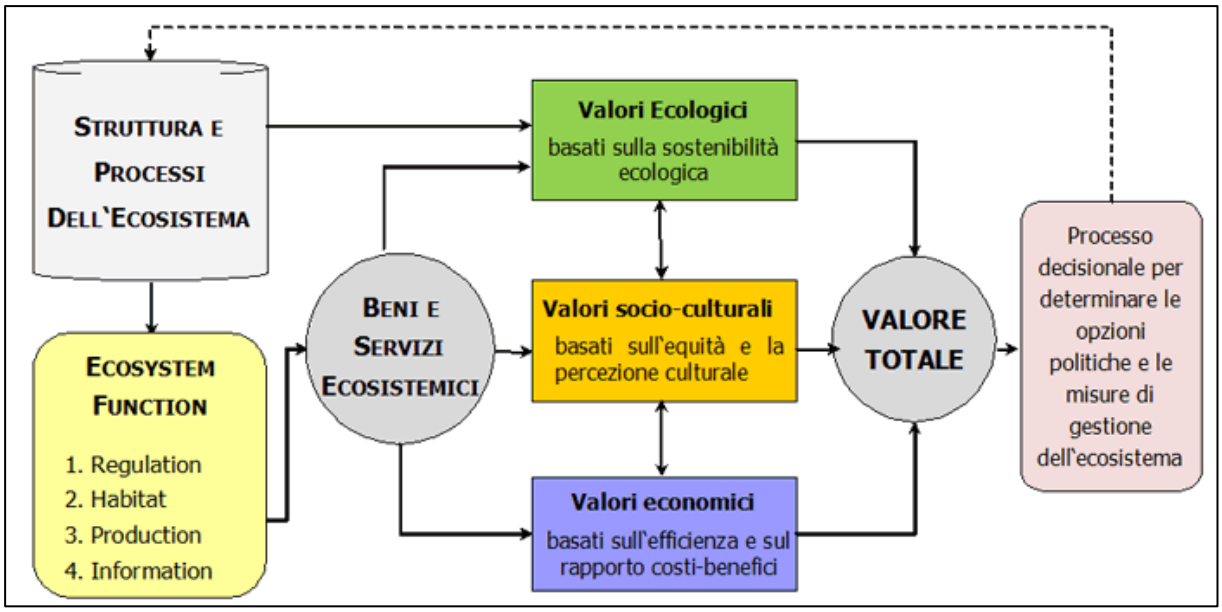


Figura 2 – Rappresentazione delle principali caratteristiche e relazioni all'interno di ciascun ecosistema. [Fonte: De Groot, 1992].

Come si può osservare dallo schema precedente, l'individuazione delle funzioni ecosistemiche e la successiva analisi in termini monetari, la quale rappresenta il valore totale dei beni e servizi ecosistemici prodotti, è di fondamentale importanza per guidare le scelte pluriennali eseguite dai tecnici nella predisposizione di piani e regolamenti di gestione e governo del territorio.

A livello internazionale, la più valida e dettagliata classificazione dei servizi ecosistemici è stata prodotta dal Millenium Ecosystem Assessment (MEA), un progetto di ricerca voluto e finanziato dalle Nazioni Unite nel 2001 con l'obbiettivo di valutare gli effetti sul benessere umano dovuti al cambiamento degli ecosistemi e sviluppare scenari probabili per il futuro. Il primo report prodotto dal progetto nel 2005 ha evidenziato i seguenti risultati:

[1] Fonte: "Progetto Life+mgn, making good natura"
Link: http://www.lifemgn-serviziecosistemici.eu/IT/progetto/Pages/se.aspx

- Gli ecosistemi negli ultimi 50 anni hanno subìto rapidi e importanti cambiamenti, più di quanto fosse successo nelle epoche precedenti;
- Le cause principali di questi cambiamenti sono dovute alla crescente richiesta di cibo, legname, fonti energetiche e acqua dolce. Le dirette conseguenze sugli ecosistemi naturali hanno provocato una perdita irreversibile della biodiversità presente sulla Terra;
- I cambiamenti verificatisi fino a quel momento sugli ecosistemi possono continuare significativamente anche nel futuro, con la conseguente diminuzione dei servizi ecosistemici forniti al genere umano;
- Sono stati definiti alcuni progetti per cercare di limitare la degradazione futura degli ecosistemi ma per fare ciò occorre effettuare numerosi interventi per modificare le politiche e le pratiche di gestione dei territori in uso.

All'interno del rapporto del 2005 il MEA ha inoltre classificato tutte le funzioni ecosistemiche suddividendole nelle quattro seguenti categorie principali:

- Approvvigionamento (Provisioning): le funzioni ecosistemiche raccolte in questa categoria rappresentano tutte le risorse materiali che gli ecosistemi producono;
- Regolazione (Regulating): i servizi appartenenti a questa classe sono costituiti da elementi che producono benefici diretti e indiretti sulle attività antropiche. Il valore di tali servizi spesso viene riconosciuto soltanto nel momento in cui l'ecosistema viene degradato e il servizio in oggetto non più fornito;
- Supporto alla vita (Supporting): in questa categoria sono presenti quei servizi ecosistemici fondamentali per produrre tutti gli altri elementi e garantiscono al mantenimento in situ delle varietà biologiche e dei processi evolutivi;
- Culturali (Cultural): in questa categoria vengono classificati tutti quei servizi che svolgono una "funzione di consultazione" e partecipano al mantenimento della salute umana attraverso differenti contributi.

Per ciascuna funzione ecosistemica presente vengono forniti dall'ecosistema stesso una serie di differenti servizi ecosistemici, che possono essere raggruppati nel seguente modo:

- Approvvigionamento: prevede la fornitura da parte degli ecosistemi di numerosi prodotti. Tra i principali si ricordano il cibo e le materie prime prodotte ed utilizzate in grande quantità dall'umanità;
- Regolazione: in questi benefici, che interessano anche le parti all'esterno degli ecosistemi, sono presenti:
    - Regolazione dei gas: gli ecosistemi intervengono sull'equilibrio atmosferico dei principali inquinanti presenti prodotti dalle attività antropiche, garantiscono il mantenimento dello strato di Ozono e nel complesso contribuiscono a mantenere abitabile il pianeta;
    - Regolazione del clima: la presenza di laghi o fiumi garantisce una positiva influenza sul clima, sia a livello locale che a livello globale;
    - Regolazione delle acque: all'interno degli ecosistemi viene regolato il complesso ciclo delle acque garantendo la regolarità dei flussi idrogeologici;
    - Regolazione dell'erosione e dei dissesti idrogeologici: la copertura vegetale ed il complesso sistema delle radici degli alberi garantiscono un efficace intervento sul controllo dell'erosione del suolo provocato dalle precipitazioni e dal vento;
    - Regolazione dell'impollinazione: il servizio ecosistemico in questione prevede l'importante contributo svolto dagli organismi animali a favore della fecondazione delle piante e successiva produzione di cibo. Infatti, in assenza delle specie

impollinatrici selvatiche si registrerebbe una drastica riduzione della varietà di piante presenti ed una diminuzione della produzione dei frutti;
    - Habitat per la biodiversità: gli ecosistemi inoltre forniscono spazi di vitale importanza e protezione a molte specie animali e vegetali e contribuiscono in modo significativo al mantenimento di un'elevata biodiversità nel mondo animale e vegetale;
- Supporto alla vita: in questi servizi ecosistemici, come anticipato, sono presenti tutti quegli elementi che permettono di fornire numerosi altri servizi ecosistemici, come ad esempio la composizione del terreno;
- Culturali: sono servizi ecosistemici di tipo immateriale, forniti al genere umano sotto forma di benefici che interessano l'arricchimento spirituale, lo sviluppo cognitivo ed esperienze ricreative. Un ulteriore classificazione vede distinguere principalmente:
    - Valori estetici: sono considerati tali tutti i benefici derivanti dall'osservazione dei paesaggi o aree naturali che provocano una sensazione di bellezza e rilassamento negli individui;
    - Valori ricreativi: gli ambienti naturali in genere, grazie alla grande varietà dei paesaggi e ai valori estetici, permettono di realizzare numerose attività che possono essere di tipo ricreativo, turistico, sportivo e di osservazione della natura;
    - Ispirazione per cultura, arti, valori educativi e spirituali, senso di identità: la presenza degli ecosistemi fornisce in molte società le basi per una educazione formale e informale.

La più importante fonte di servizi ecosistemici in Italia è rappresentata dalle foreste: i servizi ecosistemici forestali (SEF) prodotti dalle aree boscate sono quindi molto importanti e numerosi. A titolo di esempio una foresta, oltre alla produzione di legname, è in grado di limitare l'effetto serra causato dai gas rilasciati nell'atmosfera dalle attività antropiche, contrastare la lotta alla desertificazione, alla fame e alla perdita della biodiversità degli ecosistemi stessi. Inoltre, viene garantita una buona protezione dai fenomeni erosivi del suolo e la regolazione dei cicli biogeochimici del carbonio, dell'azoto e dell'acqua.

L'importanza dei servizi ecosistemici forestali forniti all'umanità dalle foreste e aree boscate, giustifica quindi un grande interessamento a conservare i sistemi forestali e ad individuare tecniche e certificazioni di gestioni forestali sostenibili. Si ricorda infatti che a livello mondiale i principali nemici delle foreste sono rappresentati dalle attività di disboscamento e dagli incendi, di natura dolosa o meno, che ogni anno eliminano ingenti superfici di ecosistemi forestali.

Nella tabella seguente viene riportata una schematizzazione dei principali servizi ecosistemici offerti da un generico ecosistema.

Tabella 1 – Suddivisione e classificazione dei servizi ecosistemici [Fonte: elaborazione dell'autore a partire dal modello adottato da MEA 2005 e de Groot 2009].

Servizi Ecosistemici	Processo ecosistemico e/o componente fornitore del SE
1) Approvvigionamento	
a) Cibo	a) Presenza di piante, animali commestibili
b) Acqua	b) Riserva d'acqua potabile
c) Fibre, combustibili, altre materie prime	c) Specie o materiali minerali con uso potenziale come materia prima
d) Materiali genetici: geni della resistenza ai patogeni	d) Specie con materiale genetico potenzialmente utile
e) Specie ornamentali	e) Specie o materiali minerali con uso ornamentale
2) Regolazione	
a) Regolazione qualità dell'aria	a) Capacità degli ecosistemi di assorbire composti chimici dell'atmosfera
b) Regolazione del clima	b) Influenza degli ecosistemi sul clima locale o globale
c) Mitigazione dei rischi naturali	c) Protezione contro i danni da eventi distruttivi
d) Regolazione delle acque	d) Ruolo delle foreste nell'infiltrazione delle piogge e graduale rilascio delle acque
e) Assimilazione dei rifiuti	e) Processi di rimozione e dissoluzione di composti organici e composti chimici
f) Protezione dall'erosione	f) .
g) Formazione e rigenerazione del suolo	g) Pedogenesi
h) Impollinazione	h) Abbondanza ed efficacia degli impollinatori
i) Controllo biologico	i) Controllo delle popolazioni di infestanti attraverso relazioni trofiche (predatori o competitori "utili")
3) Supporto alla vita	
a) Habitat	a) Funzionalità di aree di riproduzione, alimentazione e rifugio per specie stanziali e in migrazione
b) Conservazione della biodiversità genetica	b) Mantenimento di processi evolutivi e della fitness biologica (su base fenotipica e/o genetica)
4) Culturali	
a) Estetico: valore scenico	a) Qualità estetica del paesaggio (es. diversità strutturale, tranquillità ecc.)
b) Ricreativo: opportunità per turismo e attività ricreative	b) Attrattività del paesaggio "naturale" e delle attività all'aperto
c) Eredità culturale e identità	c) Importanza degli elementi storici e d'identificazione per la comunità locale
d) Educazione e scienza: opportunità per formazione e educazione formale o informale	d) Caratteristiche del paesaggio, specie e vegetazioni con importanza culturale, con valore/interesse scientifico ed educativo

1.2. Il quadro normativo di riferimento

L'insieme dei provvedimenti legislativi riguardanti la tutela e la gestione delle foreste ed aree boscate viene definita legislazione forestale. Ad oggi i boschi italiani sono tra i più tutelati a livello europeo.

Nella Costituzione della Repubblica Italiana non viene però fatto esplicito riferimento alla tutela delle foreste, tuttavia è prevista una tutela indiretta delle foreste negli articoli riferiti alla salvaguardia del paesaggio e delle aree montane (art. 9 e 44).

1.2.1. L'evoluzione della normativa forestale in Italia

Le prime importanti leggi emanate in ambito forestale in Italia sono state la legge Majorana Calatabiano (L. n° 3917/1877) che introduce il vincolo forestale al fine di evitare l'abuso delle foreste e la legge Luzzati (L. 277/1910) che, istituendo il demanio forestale, stabilisce che il bosco pubblico diventa inalienabile e viene riconosciuto anche come fattore produttivo, favorendo una gestione oculata ed il rimboschimento dei terreni abbandonati.

La legge Serpieri (L. 3267/1923), riconosciuta come la prima legge forestale italiana, ha cercato di conciliare la funzione produttiva con quella protettiva delle foreste, introducendo nuovi vincoli. Ha inoltre ispirato tutte le normative successive, sia a livello nazionale che a livello regionale, introducendo le prescrizioni di "Massima e di Polizia Forestale". In seguito, sono state emanate diverse leggi con il fine di introdurre vincoli paesaggistici; tra le principali si ricorda la legge Galasso (L. 431/1985).

Un altro importante cambiamento a livello normativo fu realizzato con il D.L. 18 maggio 2001 "Orientamento e modernizzazione del settore forestale". Viene introdotta una visione sistemica del bosco: non va solo considerato come un mezzo di difesa contro il dissesto idrogeologico e come fattore produttivo ma viene riconosciuto come un ecosistema complesso in grado di svolgere una molteplicità di funzioni.

Nel 2016 su richiesta delle regioni è stata delegata al governo centrale la necessità di realizzare un riordino e semplificazione della normativa in materia di agricoltura, selvicoltura e filiere forestali. A seguito di questa richiesta viene approvato il Decreto Legislativo n° 34 del 3 aprile 2018 che rappresenta l'attuale normativa di riferimento in materia forestale, a livello nazionale.

1.2.2. La suddivisione delle competenze agricolo – forestali tra Stato e Regioni

Inizialmente la competenza forestale era esclusivamente statale e nel 1929 fu fondato il Maf, Ministero dell'agricoltura e delle foreste. Fino agli anni 70 del secolo scorso non si verificarono importanti cambiamenti. Con il D.P.R. n° 616/1977 si registrarono alcuni contrasti tra lo stato e le regioni in materia forestale. Con il D.L. 4 giugno 1997 vennero delegate alle regioni le funzioni amministrative in materia di agricoltura e pesca.

Successivamente inizia quindi la fase della normativa regionale, dove vengono promulgati alcuni testi unici, sulla base delle indicazioni contenute nel D.L. 1997, grazie anche all'aumento di poteri legislativi attribuiti alle regioni, introdotti dalla legge costituzionale 18 ottobre 2001.

CAPITOLO 2.
IL VALORE ECONOMICO DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI (SEF)

In questo capitolo vengono introdotti i principali fondamenti teorici delle varie metodologie di stima utilizzate in seguito per la valutazione economica dei servizi ecosistemici forestali presenti.

2.1. Il Valore Economico Totale (VET)

La valutazione monetaria dei servizi ecosistemici forestali forniti dalle foreste interessa nella maggior parte dei casi beni di proprietà pubblica. A differenza dei beni di proprietà privata, tutti i beni pubblici posseggono le seguenti caratteristiche:

- Principio di indivisibilità: è la caratteristica più importante dei beni pubblici. È infatti impossibile, sia dal punto di vista fisico che economico, suddividere il bene pubblico ed attribuirlo specificatamente al consumatore che ne richiede l'uso;
- Principio di non rivalità: più soggetti possono simultaneamente beneficiare del bene senza ridurre l'utilità che ciascun soggetto trae dall'utilizzo del bene. Questo significa quindi che il costo marginale di un fruitore addizionale risulta nullo;
- Principio di non esclusione: ovvero non è possibile escludere un singolo individuo dalla fruizione del bene pubblico anche nel caso in cui non partecipi al finanziamento attraverso la tassazione;
- Sono forniti dal settore pubblico e finanziati attraverso la tassazione generale;
- I beni pubblici non hanno in genere un loro mercato di riferimento e non è quindi possibile attribuire ad un bene pubblico un valore di mercato.

Per questi motivi, l'attribuzione del valore monetario si basa sulla disponibilità a pagare (DAP), con la quale ciascun individuo dichiara l'importo massimo che è disposto a pagare per usufruire e mantenere in essere un determinato servizio.

Il principale metodo di stima utilizzato in questi ambiti è rappresentato dal Valore Economico Totale (VET), che permette di considerare e valutare economicamente tutte le funzioni prodotte dalle risorse naturali, aventi o meno un valido mercato di riferimento. Con l'applicazione del VET si cerca quindi di superare la classica valutazione economica dei beni avente funzione pubblica, nella quale vengono considerati e valutati soltanto i benefici prodotti per gli utilizzatori esterni, integrandola con il valore dei benefici intrinseci presenti all'interno dell'ecosistema, che garantiscono la presenza del bene stesso, indipendentemente però da una reale utilizzazione da parte di terzi.

Sebbene alcuni autori sostengano che non sia legittimo attribuire un prezzo e realizzare una quantificazione monetaria per alcune risorse considerate fondamentali per la sopravvivenza umana, per questioni di praticità è conveniente attribuire il valore monetario del possibile uso della risorsa naturale avendo così a disposizione un'informazione oggettiva di riferimento per progettare interventi di politica economica.

Il VET rappresenta quindi un valore monetario globale riferito ad un bene o servizio ecosistemico ed è ottenuto dalla somma di numerosi contributi, che verranno meglio descritti nel seguente paragrafo. Un vantaggio importante dell'utilizzo di questo metodo è che ciascuna componente può essere stimata in modo indipendente dalle altre, utilizzando anche diversi metodi di stima scelti tra quelli disponibili in letteratura.

2.1.1. Le componenti del VET: classificazione e valutazione economica

Viene ora riportata la classificazione delle varie componenti del Valore Economico Totale. Accanto a ciascuna componente del VET, con riferimento ai Servizi Ecosistemici Forestali (SEF), vengono riportati alcuni esempi reali di beni o servizi offerti.

Le componenti del VET si distinguono inizialmente tra:

- Valore d'uso: il valore deriva dall'uso e consumo del bene oggetto di analisi;
- Valore di non uso: il valore deriva dall'aumento di utilità ricavata soltanto dalla presenza del bene pubblico, anche senza farne uso;
- Valore in condizione di incertezza: questo valore dipende da possibili scelte e sviluppi futuri.

Successivamente il valore d'uso è composto da tre contributi:

- Valore d'uso diretto: esso rappresenta la fruizione diretta da parte degli individui di un certo tipo di bene o servizio prodotto. All'interno di questo contributo si trova la produzione di prodotti legnosi che possono essere rappresentati dal legname per uso energetico, destinato alla produzione di legname da ardere o cippato e legname da lavoro, utilizzato per la produzione di travi e elementi vari per l'industria edile, e per la produzione di mobili. Anche i prodotti non legnosi possono essere utilizzati in modo diretto: si pensi ad esempio ai frutti prodotti da alcune piante, la presenza di funghi e tartufi che vivono spesso in simbiosi con alcune specie forestali; infine la presenza nell'ecosistema della fauna selvatica permette anche l'attività venatoria (caccia, pesca). Tali valori possono essere considerati in situ, ovvero in continuità con la risorsa (consumo immediato) oppure ex situ, dove non è evidente una relazione immediata con la risorsa di origine (valore di produzione). Inoltre, in questo contributo rientra anche l'utilizzo diretto del bene senza consumo evidente della risorsa: si fa riferimento in questo caso all'utilizzo a scopo turistico, culturale o ricreativo all'interno della risorsa (valore in situ), oppure al valore derivante dalla realizzazione di documentari relativi alla risorsa considerata (valore ex situ, valore d'uso vicario);
- Valore d'uso indiretto: questo valore si riferisce a servizi che non possono essere goduti in modo diretto dagli individui, ma questi ultimi ne possono beneficiare in modo indiretto. In questa voce sono inseriti tutti quei benefici prodotti dai beni ambientali con effetti ad ampio raggio e non limitati solamente all'area boschiva: la regolazione delle funzioni ecologiche, l'assorbimento della CO_2 atmosferica e altre particelle inquinanti (NO_x, PM2,5, PM10) e il mantenimento della stabilità idrogeologica del territorio stesso).

Per quanto riguarda invece il valore di non uso, esso viene ulteriormente suddiviso nei seguenti contributi:

- Valore di altruismo: questo valore deriva soltanto dalla consapevolezza di sapere che un determinato bene o servizio esiste e continua ad esistere, indipendentemente dall'uso o dai vantaggi che ne possono derivare. Le principali ragioni che giustificano questo valore possono essere di tipo etico o morale: un esempio di questo valore può essere riferito ad una determinata specie forestale esistente;
- Valore di lascito: questo valore si basa sull'altruismo interpersonale, nella consapevolezza quindi che le generazioni future potranno utilizzare e godere dei benefici prodotti da un determinato servizio. Si pensi per esempio ad un importante sito storico naturalistico;
- Valore vicario: questo valore riconosce i benefici prodotti dall'utilizzazione del bene da parte di altri individui, differenti dal valutatore, presenti al momento della valutazione. Un

riferimento per questo caso può essere la salvaguardia di una foresta ad alta quota che fornisce legname e controllo del territorio per una piccola popolazione locale.

Infine, per quanto riguarda il valore di incertezza, esso può essere ulteriormente suddiviso tra:

- Valore d'opzione: questo valore rappresenta la possibilità per un individuo di godere in seguito del servizio. Il valore d'opzione rappresenta quindi la disponibilità a pagare dell'individuo per garantirsi questa possibilità in futuro. Si potrebbe quindi individuare un valore potenziale dovuto soltanto alla possibilità che alcuni individui desiderino in futuro frequentare una determinata area boschiva, per fini ricreativi o di svago;
- Valore di quasi opzione: questo valore riguarda il beneficio associato al rinvio di una decisione di utilizzazione di un bene, essendo presente l'incertezza per un eventuale impiego migliore futuro derivante dalla sua conservazione nel tempo.

Nello schema seguente viene riportata una classificazione dei vari contributi che fanno parte del VET. Sotto le tipologie di valore, a titolo di esempio, sono riportate alcune metodologie di stima per la determinazione del valore stesso.

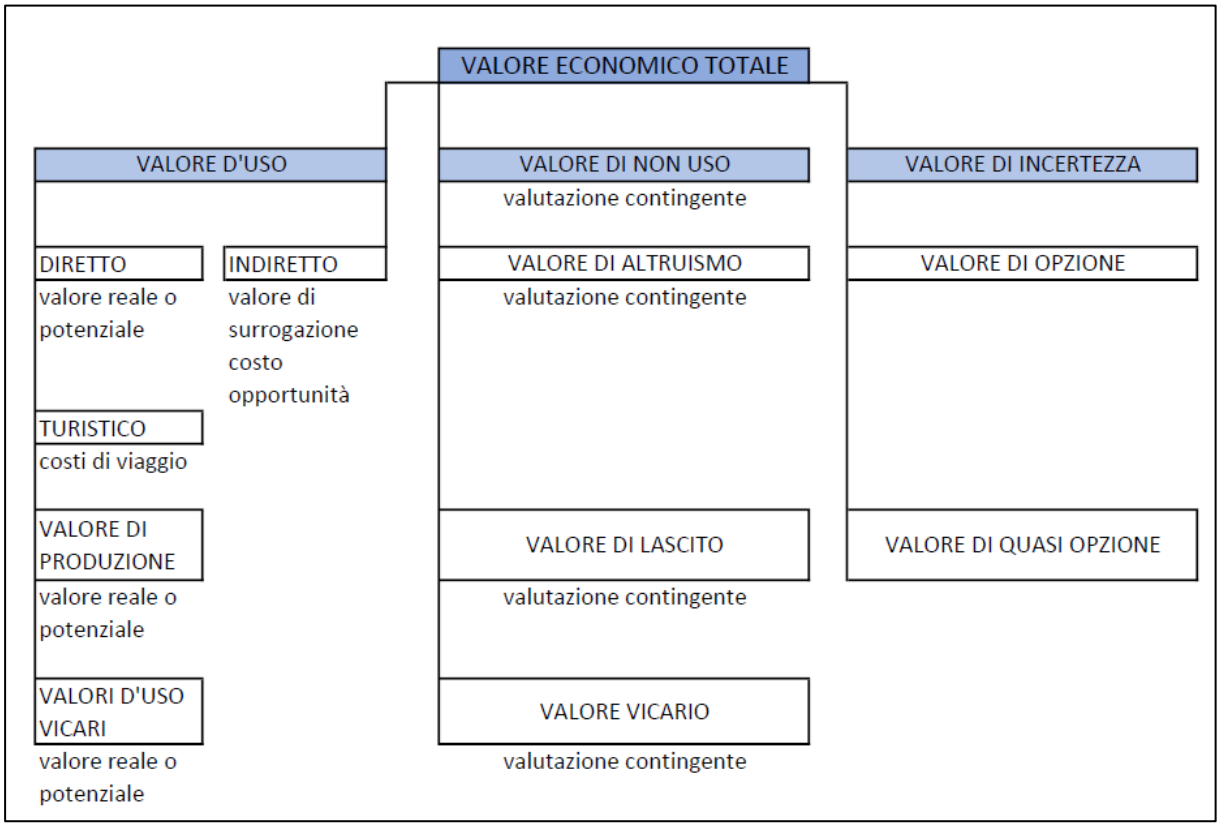


Figura 3 – Classificazione dei vari contributi che compongono il Valore Economico Totale (VET). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Come si può osservare alcuni contributi del VET non hanno alcuna metodologia di stima: nei casi reali infatti è molto difficile riuscire a reperire i dati di partenza veritieri e rappresentativi della reale condizione del beneficio, si pensi ad esempio alla quantità di funghi prodotti per ettaro di superficie oppure al valore da attribuire a potenziali futuri utilizzi del bene (valore di quasi opzione). Per questi motivi quindi, seppure il VET complessivo considera in modo dettagliato ciascuna esternalità prodotta dai servizi ecosistemici forestali, nelle applicazioni pratiche molti di questi contributi non verranno monetizzati, in modo tale da ottenere comunque un valore non sovrastimato del valore economico totale.

2.2. Il valore economico (VE)

Nei paragrafi seguenti viene presentato sinteticamente il procedimento per la determinazione del valore economico da applicare in seguito al caso oggetto di studio.

2.2.1. Definizione valore di macchiatico

Il valore economico dell'area oggetto di analisi viene stimato attraverso la stima del valore di macchiatico. Il valore di macchiatico è definito come il valore di trasformazione del soprassuolo maturo, ovvero che ha raggiunto almeno il 90% del turno di produzione. Esso viene ottenuto sottraendo al ricavato della vendita dei prodotti legnosi e non (voce attiva del bilancio), i costi sostenuti per tutte le operazioni di trasformazione (voce passiva del bilancio). Il valore di macchiatico si ricava quindi attraverso la seguente relazione:

$$V_m = R - C$$

Dove:

- V_m: Valore di macchiatico [€];
- R: Ricavi ottenibili dalla vendita dei prodotti forestali disponibili [€];
- C: Costi totali di trasformazione [€].

Un parametro unitario importante è il prezzo di macchiatico, ottenuto dividendo il valore di macchiatico per la massa del legname. Quest'ultima può essere riferita al prodotto pronto alla vendita, ovvero la massa al netto degli scarti di lavorazione, oppure alla massa totale in piedi, corrispondente alla massa cormometrica. Il prezzo di macchiatico è definito dalla seguente relazione:

$$P_m = \frac{V_m}{m}$$

Dove:

- P_m: Prezzo di macchiatico $\left[\frac{€}{m^3}\right]$oppure $\left[\frac{€}{q}\right]$;
- m: Massa $[m^3]$ oppure $[q]$.

Nella seguente stima del valore di macchiatico si farà riferimento alla trasformazione realizzata in condizioni ordinarie, operata da un imprenditore ordinario: si intende un imprenditore dotato di capacità organizzative e gestionali che caratterizzano la maggior parte degli imprenditori presenti nella zona di riferimento. Il reddito reale del bene dipenderà anche dalle capacità organizzative dell'imprenditore reale, tuttavia soltanto il valore riferito ad un imprenditore ordinario misura oggettivamente la capacità produttiva del bene, escludendo il compenso per l'abilità imprenditoriale, la quale risulta essere soggettiva ed estranea al bene oggetto di stima.

Per la definizione del valore di macchiatico è necessario determinare e stimare i ricavi ottenuti dalla vendita e i costi di trasformazione.

2.2.2. Stima dei ricavi

La stima dei ricavi rappresenta la parte attiva ed è composta dal valore degli elementi vendibili, valutati nella condizione ordinaria. Dopo aver individuato l'area di riferimento, utilizzando anche CTR e mappe catastali, occorre stimare la massa totale dei singoli assortimenti; per questa valutazione si possono utilizzare due metodi distinti: le tavole di cubatura oppure la classe di provvigione, che verranno illustrati sinteticamente nei prossimi paragrafi.

In questo elaborato verranno successivamente applicati entrambi i metodi per la determinazione della quantità disponibile in alcune sottoparticelle forestali significative. Confrontando tra loro i risultati ottenuti verrà poi individuato un sistema che meglio approssima il valore reale e verrà successivamente applicato a tutte le sottoparticelle forestali presenti.

2.2.2.1. Tavole di cubatura

Le tavole di cubatura del legno sono delle tavole numeriche, basate su complessi calcoli e previsioni statistiche, che forniscono il volume di un albero di una specifica specie. La costruzione di queste tavole analitiche prevede una campagna di abbattimento e misurazione in loco di numerosi alberi modello per ciascuna specie, seguita dalla realizzazione di modelli matematici di previsione composti da diverse equazioni per la determinazione dei valori ricercati. La scienza che si occupa di queste tecniche applicate agli alberi o ai boschi viene definita dendrometria. Si riportano alcune importanti definizioni riguardanti le grandezze utilizzate e le altezze degli alberi, utilizzate in dendrometria per la scelta dei dati di input opportuni:

- Dendrometrica: grandezza (massa o volume) riferita all'intera pianta, ovvero completa di fusto e ramaglia;
- Cormometrica: grandezza (massa o volume) riferita soltanto alla parte del fusto atto alla lavorazione;
- Altezza media: con riferimento ad un bosco o area, si definisce come l'altezza dell'albero di medio diametro presente;
- Altezza dominante: con riferimento ad un bosco o area, indica l'altezza delle cento piante di maggiori dimensioni presenti in ogni ettaro;
- Altezza formale: grandezza di tipo concettuale che si ottiene applicando la formula generale di cubatura.

Le tavole di cubatura possono avere validità locale, se riferite ad un limitato territorio o bosco, oppure nazionale, se possono essere utilizzate in tutto il territorio italiano. In base ai dati di ingresso necessari le tavole di cubatura si distinguono in tavole a singola entrata oppure tavole a doppia entrata. Un'altra classificazione le distingue in tavole dendrometriche, o cormometriche. Infine, in base al valore da ricercare si possono utilizzare le seguenti tavole:

- Volume del fusto e dei rami grossi [m^3];
- Fitomassa (peso secco) del fusto e dei rami grossi [kg];
- Fitomassa (peso secco) della ramaglia [kg];
- Fitomassa (peso secco) della ceppaia [kg];
- Fitomassa (peso secco) arborea epigea [kg].

Le prime due tipologie indicate sono le più utilizzate per la determinazione delle produzioni forestali. Tutte le tavole di cubatura danno risultati attendibili se impiegate per un numero elevato di fusti, non vanno quindi applicate per la determinazione dei parametri riferiti singolarmente ad una pianta.

2.2.2.1.1. Tavole di cubatura a singola entrata

Le tavole di cubatura a singola entrata permettono di determinare il volume del fusto e rami degli alberi, in funzione soltanto del diametro medio del fusto misurato ad 1,30 m dal terreno (dbh). Permette di realizzare una misurazione più semplice in loco, in quanto è sufficiente misurare il diametro medio. Nella tabella seguente viene riportato uno stralcio di una tavola di cubatura a singola entrata. Nel caso di aceri con diametro del fusto opportunamente misurato pari a 25 cm si otterrà un volume del fusto e rami grossi di 0,527 m^3 ed un'altezza di 25 m per ciascuna pianta presente. Queste tavole di cubatura sono poco utilizzate in quanto non determinano una stima accurata.

dbh cm	H m	V m^3	dbh cm	H m	V m^3
6	12.0	0.018	26	25.5	0.577
7	13.0	0.025	27	26.0	0.630
8	13.9	0.034	28	26.5	0.685
9	14.8	0.045	29	27.0	0.743
10	15.6	0.058	30	27.5	0.804
11	16.4	0.073	31	27.9	0.864
12	17.1	0.090	32	28.4	0.929
13	17.8	0.109	33	28.9	0.996
14	18.5	0.130	34	29.3	1.063
15	19.2	0.154	35	29.8	1.135
16	19.9	0.181	36	30.2	1.205
17	20.5	0.209	37	30.6	1.277
18	21.1	0.240	38	31.0	1.351
19	21.7	0.274	39	31.5	1.430
20	22.3	0.310	40	31.9	1.507
21	22.9	0.349	41	32.3	1.586
22	23.4	0.389	42	32.7	1.665
23	24.0	0.434	43	33.1	1.746
24	24.5	0.479	44	33.5	1.828
25	25.0	0.527	45	33.9	1.911

Figura 4 – Esempio di tavola di cubatura ad una entrata, riferita all'Acero. [Fonte: "Tavole di cubatura a una entrata per gli acero-frassineti di neoformazione della Comunità Montana Agno – Chiampo (Vicenza)"[2]].

2.2.2.1.2. Tavole di cubatura a doppia entrata

Le tavole di cubatura a doppia entrata permettono di determinare il volume del fusto e rami degli alberi, in funzione del diametro medio del fusto, misurato ad 1,30 m dal terreno, e dell'altezza media degli alberi stessi. Nella tabella seguente viene riportato uno stralcio di una tavola di cubatura riferita alla specie Abete Bianco: nel caso di alberi con altezza media pari a 5 metri e diametro del fusto opportunamente misurato di 10 cm si otterrà un volume del fusto e rami grossi di 21,1 dm^3 per ciascuna pianta presente.

h (m) d (cm)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	h (m) d (cm)
5	4.9	5.8	6.8	7.7	8.7	9.6													5
6	7.4	8.7	10.1	11.5	12.8	14.2													6
7	10.2	12.1	13.9	15.8	17.6	19.5													7
8	13.5	15.9	18.3	20.7	23.2	25.6	28.0	30.4											8
9	17.1	20.1	23.2	26.3	29.3	32.4	35.5	38.5											9
10	21.1	24.9	28.6	32.4	36.2	40.0	43.8	47.6											10
11	25.4	30.0	34.6	39.2	43.8	48.3	52.9	57.5											11
12		35.6	41.1	46.5	52.0	57.4	62.9	68.3											12
13				54.5	60.9	67.3	73.7	80.1	86.5	92.9									13
14				63.1	70.5	77.9	85.3	92.7	100.2	107.6									14
15				72.3	80.8	89.3	97.8	106.3	114.8	123.3									15
16				82.0	91.7	101.4	111.1	120.8	130.5	140.2									16
17				92.4	103.4	114.3	125.2	136.2	147.1	158.0	169.0	179.9	190.8	201.8					17

Figura 5 – Tavola di cubatura a doppia entrata per la specie Abete Bianco. [Fonte: "Stima del volume e della fitomassa delle principali foreste italiane"].[3]

[2] Fonte: https://tinyurl.com/SEF-tavola-singola
[3] Fonte: https://tinyurl.com/SEF-tavole-doppia

2.2.2.2. Classe di provvigione

Nei dati descrittivi di ciascuna sottoparticella forestale (Piano Forestale Particolareggiato del Goceano), nel Registro Particellare, oltre ai valori di diametro medio e altezza media è stata riportata anche la classe di provvigione, chiamata anche massa ad ettaro. Per classe di provvigione si intende il capitale legnoso, riferito ad una superficie di un ettaro di bosco, composto dal volume di tutti gli alberi in piedi presenti e aventi diametro medio superiore a 17,5 cm.

2.2.2.3. Massa volumica allo stato fresco e massa volumica commerciale

Generalmente in Italia il parametro di riferimento del mercato dei prodotti legnosi delle conifere è il metro cubo, mentre per quanto riguarda il mercato dei prodotti delle latifoglie il parametro di riferimento è il quintale: è quindi opportuno nella valutazione economica riferire le quantità disponibili degli assortimenti a unità di misura coerenti tra loro.

Nella tabella seguente vengono riportate le densità allo stato fresco e quella commerciale di tutte le specie presenti. La densità commerciale corrisponde alla massa volumica del legname con un contenuto di umidità pari al 12÷15% (questo parametro viene spesso utilizzato come riferimento nel mercato della legna da ardere), mentre la densità allo stato fresco si riferisce alla condizione dell'albero in piedi nel bosco.

Tabella 2 – Valori medi della massa volumica allo stato fresco e massa volumica commerciale (umidità al 15%) delle latifoglie e conifere presenti nel complesso forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Pesi Specifici legno"[4], "F.lli Vannini s.r.l."[5], "Manuale biocombustibili forestali"[6] , "The Meter"[7]].

Specie [-]	Densità stato fresco (verde) [kg/m^3] Min	Max	Densità commerciale (essiccato) [kg/m^3] Min	Max	Fonte
Abete Greco	770	1230	370	750	"Pesi specifici legno"
Acero Campestre	830	1050	530	800	"Pesi specifici legno"
Acero Montano	830	1050	530	800	"Pesi specifici legno"
Acero Riccio	830	1050	530	800	"Pesi specifici legno"
Acero Trilobo	830	1050	530	800	"Pesi specifici legno"
Agrifoglio	-	-	-	-	-
Biancospino	-	-	-	-	-
Castagno	1000		580		"F.lli Vannini s.r.l."
Cedro Atlante	-		570		"Pesi specifici legno"
Cedro Deodara	-		570		"Pesi specifici legno"
Cedro Libano	-		570		"Pesi specifici legno"
Ciliegio	1050	1180	760	840	"Pesi specifici legno"
Cipresso Arizonica	-		600		"Manuale biocombustibili"
Cipresso Comune	-		600		"Manuale biocombustibili"
Cipresso M.	-		600		"Manuale biocombustibili"
Conifere esotiche	-		740		Elaborazione dell'autore

[4] Fonte: https://tinyurl.com/SEF-ediltool
[5] Fonte: http://www.vanninilegnami.it/
[6] Fonte: https://www.aielenergia.it/public/pubblicazioni/anteprima/8_BAF_preview.pdf
[7] Fonte: http://www.themeter.net/pesi-spec1.htm

Corbezzolo	800		-		"F.lli Vannini s.r.l."
Douglasia	700		500	550	"F.lli Vannini s.r.l."
Faggio	850	1120	680	970	"Pesi specifici legno"
Fillirea	850	950	-		"Pesi specifici legno"
Frassino ossifillo	700	1140	570	940	"Pesi specifici legno"
Leccio	1100		710	1070	"Pesi specifici legno"
Nocciolo	-		670		Manuale biocombustibili
Noce	910	920	440	680	"Pesi specifici legno"
Olmo campestre	780	1180	560	820	"Pesi specifici legno"
Ontano nero	630	1010	420	680	"Pesi specifici legno"
Pero selvatico	970	1070	610	730	"Pesi specifici legno"
Pino d'aleppo	860		810		"Manuale biocombustibili"
Pino marittimo	750		680		"Manuale biocombustibili"
Pino nero	660		560		"Manuale biocombustibili"
Pioppo bianco	610	1070	400	490	"Pesi specifici legno"
Pioppo nero	760		340		"F.lli Vannini s.r.l."
Pioppo tremolo	760		340		"F.lli Vannini s.r.l."
Quercia rossa	930	1280	690	1030	"Pesi specifici legno"
Rovere	980		760		"Manuale biocombustibili"
Roverella	980		760		"Manuale biocombustibili"
Salice	790		490	590	F.lli Vannini s.r.l."
Sughera	250		240		"The Meter"
Tasso	-		700		"Manuale biocombustibili"

Prima di effettuare la valutazione è necessario classificare i vari assortimenti in classi per poter meglio attribuire il rispettivo valore di mercato. La quantità di produzione dipende dal tipo di intervento e si dovranno detrarre le perdite di lavorazione che, in prima approssimazione, si possono considerare pari al 10% del volume utilizzabile per le latifoglie e pari al 15% del volume utilizzabile per le conifere.

Tali indicazioni si possono ricavare da esempi riportati in letteratura, nei prezzari redatti a livello regionale o dalle camere di commercio oppure effettuando analisi di mercato andando ad intervistare gli operatori locali per individuare le effettive richieste del mercato.

I ricavi totali si determinano quindi con la seguente relazione:

$$R = Q_1 \cdot p_1 + Q_2 \cdot p_2 + \ldots + Q_n \cdot p_n$$

Dove:

- Q_n: Quantità dei n-esimi assortimenti disponibili [m^3 o kg];
- p_n: Prezzo di mercato dei n-esimi assortimenti disponibili [€].

Oltre ad indicare le percentuali di incidenza, calcolate sui prezzi o quantità, un indicatore sintetico importante è il prezzo medio ponderato degli assortimenti, ottenuto dividendo l'importo totale per la quantità totale.

2.2.3. Stima dei costi

Nella stima dei costi totali vengono considerate tutte le voci riguardanti l'utilizzo e la trasformazione del soprassuolo, che possono essere raggruppate principalmente nelle seguenti categorie:

- Costi delle operazioni di utilizzazione:
  - Costo delle operazioni di taglio e allestimento;
  - Costo delle operazioni di concentramento ed esbosco;
  - Costo delle operazioni di carico e scarico al luogo di consegna;
- Costi di amministrazione e gestione.

2.2.3.1. Costi delle operazioni di utilizzazione

Le principali fasi di lavoro per la realizzazione di un intervento forestale sono: allestimento in sicurezza del cantiere forestale, abbattimento, classificazione e concentramento dei prodotti, esbosco dei prodotti e smantellamento dell'area di cantiere.

I costi delle operazioni di utilizzazione vengono determinati con la seguente procedura:

- Per ciascuna delle fasi precedentemente indicate occorre definire la composizione della squadra tipo di operai ed i macchinari e le attrezzature che verranno utilizzati. Solitamente, per questioni di sicurezza, conviene formare squadre di almeno 2 o 3 operai forestali. Per la determinazione delle squadre tipo si può fare riferimento ai testi di utilizzazione forestale oppure si possono effettuare analisi sulle ditte forestali operanti nell'area di interesse;
- Determinazione della resa, ovvero le quantità lavorate nell'unità temporale, di ciascuna fase ricavando successivamente i tempi di impiego necessari, sia degli operai che delle attrezzature. È possibile reperire questi dati anche nei testi di utilizzazione forestale oppure analizzando direttamente casi reali;
- Determinazione dei costi orari di impiego di operai e attrezzature. I costi della manodopera degli operai sono riportati nei Contratti Collettivi Nazionali di Lavoro (CCNL) oppure nei prezzari per la realizzazione di opere pubbliche, redatti delle Regioni o dalle Camere di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura. (CCIAA). Per quanto riguarda invece i costi delle attrezzature, essi vengono stimati considerando sia i costi variabili, proporzionali al tempo reale di utilizzo, sia i costi fissi, indipendenti dall'impiego effettivo. Tra i costi variabili sono presenti: costo per il carburante, costo per il lubrificante e la manutenzione. Nei costi fissi si considerano invece la quota di reintegrazione, basata sulla durata economica dei macchinari forestali, gli interessi sul capitale investito e le assicurazioni varie. Per la determinazione di questi costi non viene effettuata un'analisi dettagliata delle singole voci presenti, ma verranno assunti i costi totali dagli esempi riportati in letteratura per le comuni macchine utilizzate nelle operazioni forestali;
- Determinazione del costo totale di ogni operazione, comprensivo sia del costo della manodopera che del costo delle attrezzature necessarie;
- Determinazione dei costi totali di utilizzazione, ottenuti sommando i costi di ciascuna fase.

2.2.3.2. Costi di amministrazione e gestione

Tra questi costi sono presenti le spese di amministrazione, direzione e sorveglianza e gli oneri finanziari. Nella maggior parte dei casi reali la direzione e sorveglianza del cantiere viene effettuata dall'imprenditore stesso, che svolge anche attività lavorative manuali. Questi costi vengono quindi stimati tra il 10÷20% dei costi di utilizzazione, descritti in precedenza. Gli oneri finanziari sono riferiti al costo degli interessi sul capitale necessario all'imprenditore per avviare le operazioni forestali.

CAPITOLO 3.
LE FORESTE DEMANIALI DEL GOCEANO: FIORENTINI – ANELA – MONTE PISANU (SASSARI)

In questo capitolo e nel seguente vengono applicati i concetti di valore economico (VE) e valore economico totale (VET) alle foreste denominate Fiorentini, Anela e Monte Pisanu situate in Sardegna nel sub-distretto storico denominato Goceano, in provincia di Sassari. Sono state individuate queste aree boschive in quanto hanno un'elevata estensione territoriale e sono presenti all'interno querce da sughero tra le più produttive, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

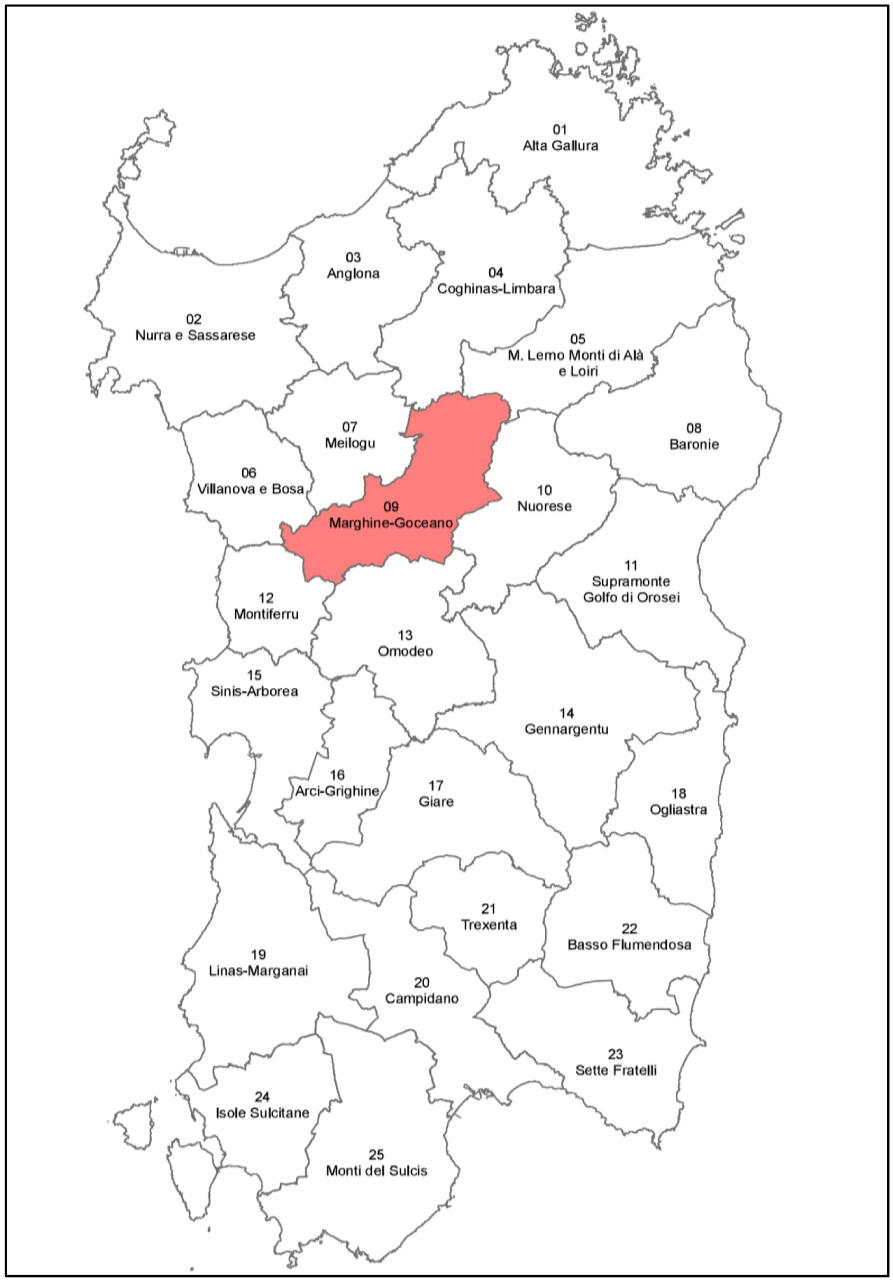


Figura 6 – Distretti Forestali Regione Sardegna. [Fonte: Piano Forestale Ambientale Regionale].

3.1. Inquadramento territoriale

Le foreste oggetto di studio sono situate all'interno del distretto n° 9 "MARGHINE – GOCEANO": area subregionale della regione Sardegna compresa nelle provincie di Nuoro, Oristano e Sassari. Il distretto "Marghine – Goceano" presenta un'estensione territoriale di circa 89.000 Ha ed una popolazione residente di circa 37.000 abitanti, suddivisa in 17 comuni. Il distretto, situato nella Sardegna centro occidentale, si sviluppa lungo l'asse NE – SO seguendo lo sviluppo della catena montuosa del Marghine – Goceano, e si espande per comprendere l'altopiano di Campeda nella parte meridionale. Le foreste di Anela, Fiorentini e Monte Pisanu ricadono all'interno di quattro comuni della provincia di Sassari: Anela, Bono, Bottidda, Bultei, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella sottostante.

Tabella 3 – Dati informativi Comuni. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da dati ISTAT].

Codice ISTAT [-]	Comune [-]	Superficie comunale [Ha]	Abitanti ISTAT 2011 [-]	Densità abitativa [ab/km^2]
090004	Anela	3.648	673	18,45
090012	Bono	7.450	3.636	48,80
090016	Bottidda	3.358	736	21,90
090018	Bultei	9.703	1.046	10,78

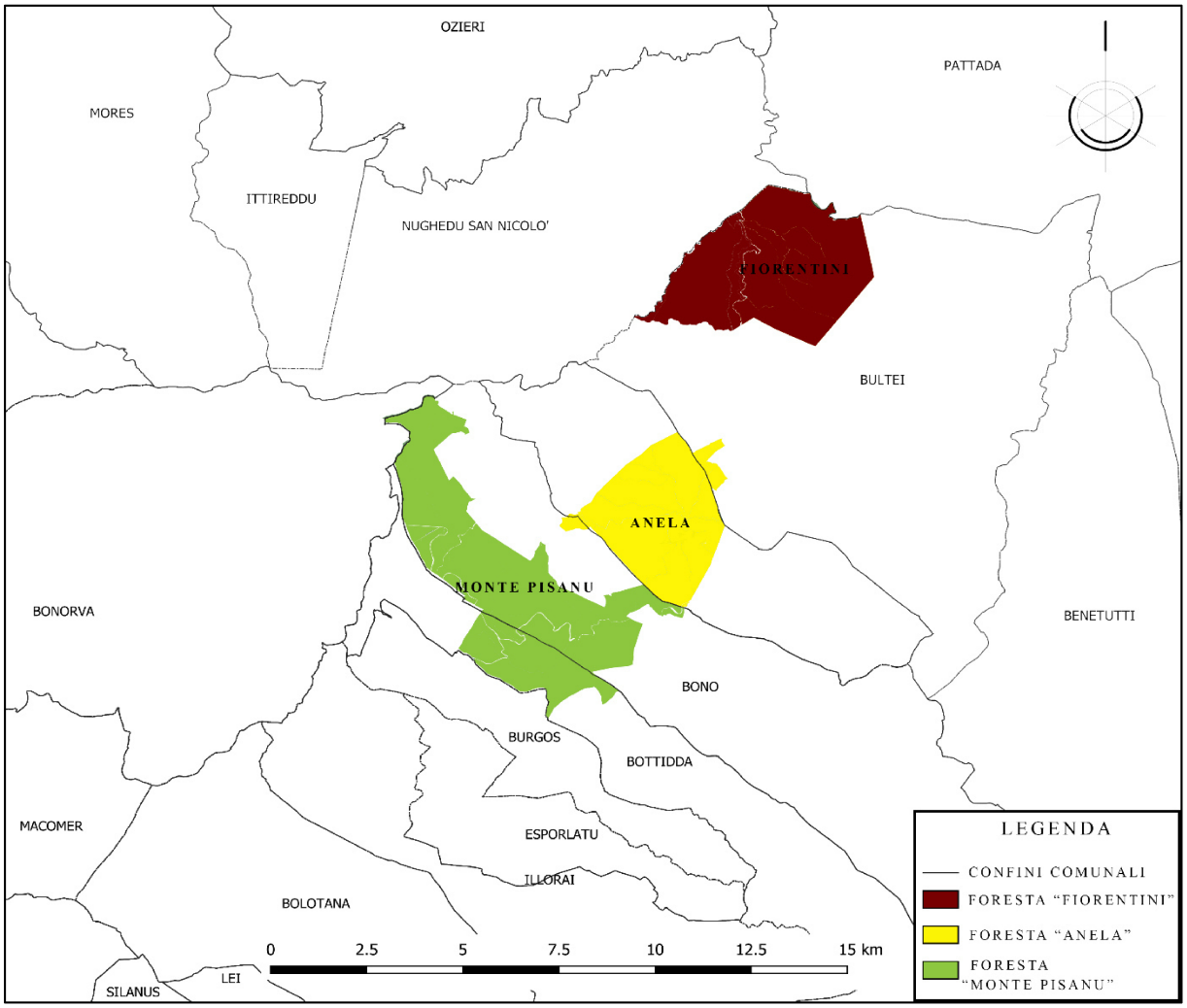


Figura 7 – Rappresentazione planimetrica foreste oggetto di studio. [Fonte: elaborazione dell'autore].

3.2. Inquadramento catastale

Cartograficamente l'area in esame è inserita nei seguenti fogli mappali:

- Foresta Anela: Foglio 3, 5, 6, 7 del Comune di Anela; Foglio 6 del Comune di Bono e Foglio 18 del Comune di Bultei;
- Foresta Fiorentini: Foglio 1, 4, 5, 6, 9, 11 del Comune di Bultei;
- Foresta Monte Pisanu: Foglio 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 del Comune di Bono, Foglio 4, 5 del Comune di Bottidda.

Tabella 4 – Inquadramento catastale Unità Gestionali di Base (UGB). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Compresa forestale [-]	UGB [-]	Comune e codice [-]	Foglio [-]	Particella [-]	Superficie catastale [ha]
Goceano	Anela	Anela A287	3	11-12-13-14	188,557
Goceano	Anela	Anela A287	5	1-2-4-5-6	278,7314
Goceano	Anela	Anela A287	6	1-3-5-6-7-8	263,7329
Goceano	Anela	Anela A287	7	1-2-3-5-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-20-21-22	315,1137
Goceano	Anela	Bono A977	6	25	25,2131
Goceano	Anela	Bultei A977	18	3-5-9-37-44-45	55,0734
Goceano	Fiorentini	Bultei A534	1	1-2-3-4-5	366,6022
Goceano	Fiorentini	Bultei A534	11	1-4-5-6-27	198,2999
Goceano	Fiorentini	Bultei A534	4	1-2-3-4-5-6-7-8-9	281,5869
Goceano	Fiorentini	Bultei A534	5	1-2-4-5-7-8-9-10-11-12-13-14-18-19-20-21-22-23	401,3123
Goceano	Fiorentini	Bultei A534	6	1-2-3-4-5-6-7	311,1718
Goceano	Fiorentini	Bultei A534	9	1	4,4414
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	1	7-8-9-11-13	44,7323
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	10	2-91-92	26,6888
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	2	1-2-3-4-5	158,7141
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	3	4-5-6-10-11-13-14-15-16-17-18-19	328,5946
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	4	8	2,6976
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	5	1-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21	294,0119
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	7	1-2-3-4-6-9-10-12-13-15-16-17-18-19-20-22-23-25	265,8167
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	8	7-20-22-24-25-26	90,3716
Goceano	Monte Pisanu	Bono A977	9	1-2-3-4-5-7-8-9-10-11-13-15-19-20-21-22	373,5252
Goceano	Monte Pisanu	Bottidda B094	4	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37	326,6141
Goceano	Monte Pisanu	Bottidda B094	5	1-2	137,5727

Le tre foreste si sviluppano maggiormente nel versante N – O della catena montuosa del Goceano, la quale culmina con la cima del Monte Rasu, con una quota di circa 1.260 m slm. Le foreste di Anela e Monte Pisanu sono poste in continuità territoriale, mentre la foresta di Fiorentini è situata più a nord rispetto alle precedenti.

Dallo studio del piano di gestione ed assestamento forestale della Regione Sardegna si nota che ogni territorio forestale è suddiviso in Particelle Forestali di tipo fisiografico, denominate "PF", e da Sottoparticelle Forestale di tipo fisionomico, denominate "SF".

Le Particelle Forestali (PF) sono generalmente di dimensioni di circa 25÷30 Ha e sono caratterizzate da condizioni stazionali e gestionali omogenee. Sono inoltre delimitate da elementi naturali facilmente riconoscibili quali strade, corsi d'acqua, viali taglia-fuoco, limite di bosco/non bosco, crinali ed hanno una numerazione univoca all'interno dell'Unità Gestionale di Base di appartenenza.

Le Sottoparticelle forestali (SF) invece, sono definite su base fisionomica e gestionale, ovvero ogni sottoparticella ha caratteristiche omogenee per quanto riguarda ad esempio l'uso del suolo, composizione specifica, età, funzione assegnabile e intervento selvicolturale. Le dimensioni areali sono comprese tra un minimo di 2 Ha ed un massimo di 20 Ha; hanno una numerazione progressiva da 1 a n in riferimento a ciascuna particella forestale (PF).

Nella tabella seguente viene riportato il numero di sottoparticelle forestali (SF) contenute in ciascuna Unità Gestionale di Base (UGB) ed il confronto tra la superficie catastale e la superficie netta.

Tabella 5 – Confronto tra le Sottoparticelle Forestali (SF) delle tre foreste. [Fonte: elaborazione dell'autore].

UGB [-]	Sezione [-]	Superficie catastale [Ha]	Superficie Netta [Ha]	Numero SF [-]
Fiorentini	A	1.563,4145	1.514,238205	316
Anela	B	1.126,4215	1.054,038702	284
Monte Pisanu	C	2.049,3396	1.955,487482	404
Totale	**-**	**4.739,1756**	**4.523,764389**	**1.004**

Le 3 Unità Gestionali di Base sono state anche classificate utilizzando una lettera indicante la sezione:

- Sezione A: FIORENTINI. Situata nel Comune di Bultei, con un'estensione complessiva di circa 1.565 Ha, di cui oltre 550 Ha ricoperti da boschi di sughera molto produttivi. All'interno della foresta sono presenti numerosi siti di interesse archeologico dell'epoca dei nuraghi ed alcune aree attrezzate a campeggi, nei pressi delle località "Sa Frigida" e "Su Tasso". L'area in oggetto è rappresentata nei fogli CTR 481050 e 481060 della Regione Sardegna; nelle figure seguenti vengono riportati un estratto dai CTR e la vista satellitare dell'area;

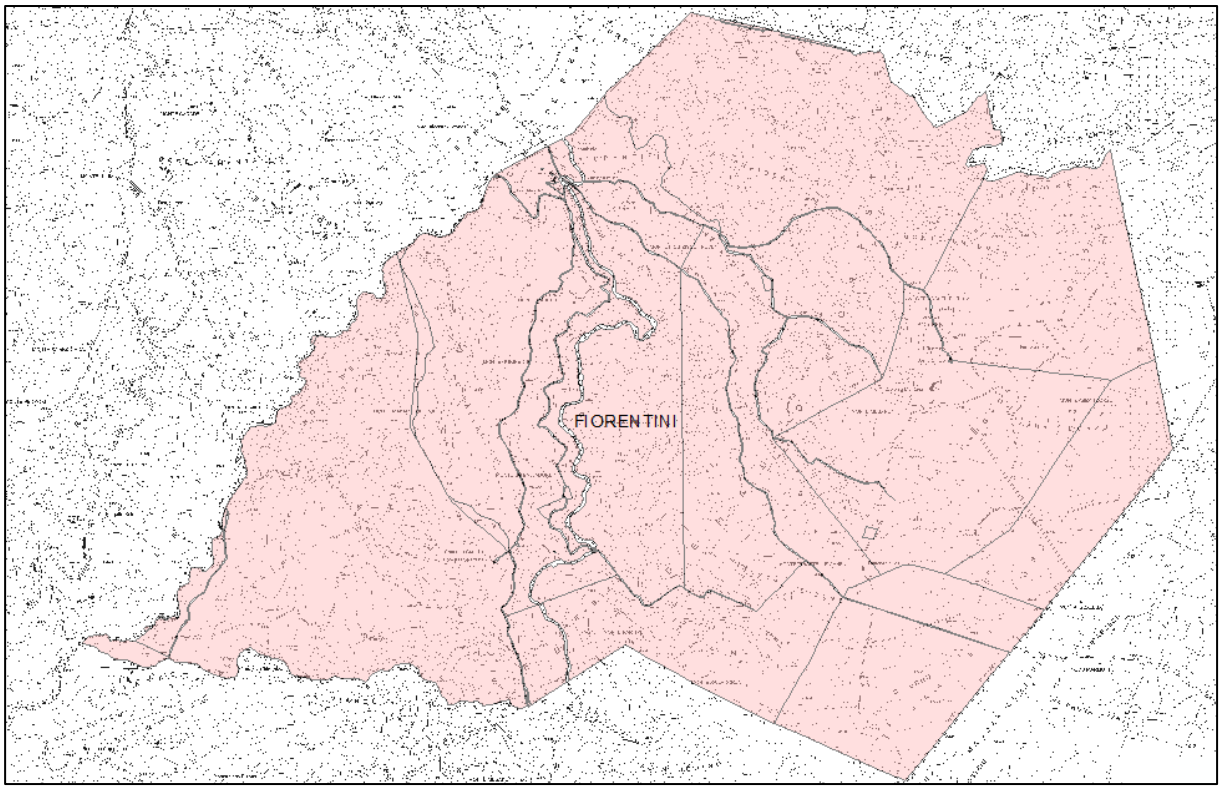


Figura 8 – Stralcio CTR, estensione UGB "FIORENTINI". [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da CTR Regione Sardegna].

Figura 9 – Compresa Forestale Fiorentini. [Fonte: Sardegna Natura – Google Earth].

- Sezione B: ANELA. Situata principalmente nel Comune di Anela, con alcune porzioni ricadenti nei Comuni limitrofi di Bono e Bultei, ha un'estensione di circa 1.130 Ha. In questa UGB non sono presenti molte sugherete, ma sono presenti importanti percorsi escursionistici segnalati. L'area in oggetto è rappresentata nei fogli CTR 480120, 481090 e 481130 della Regione Sardegna; nelle figure seguenti vengono riportati un estratto dai CTR e la vista satellitare dell'area;

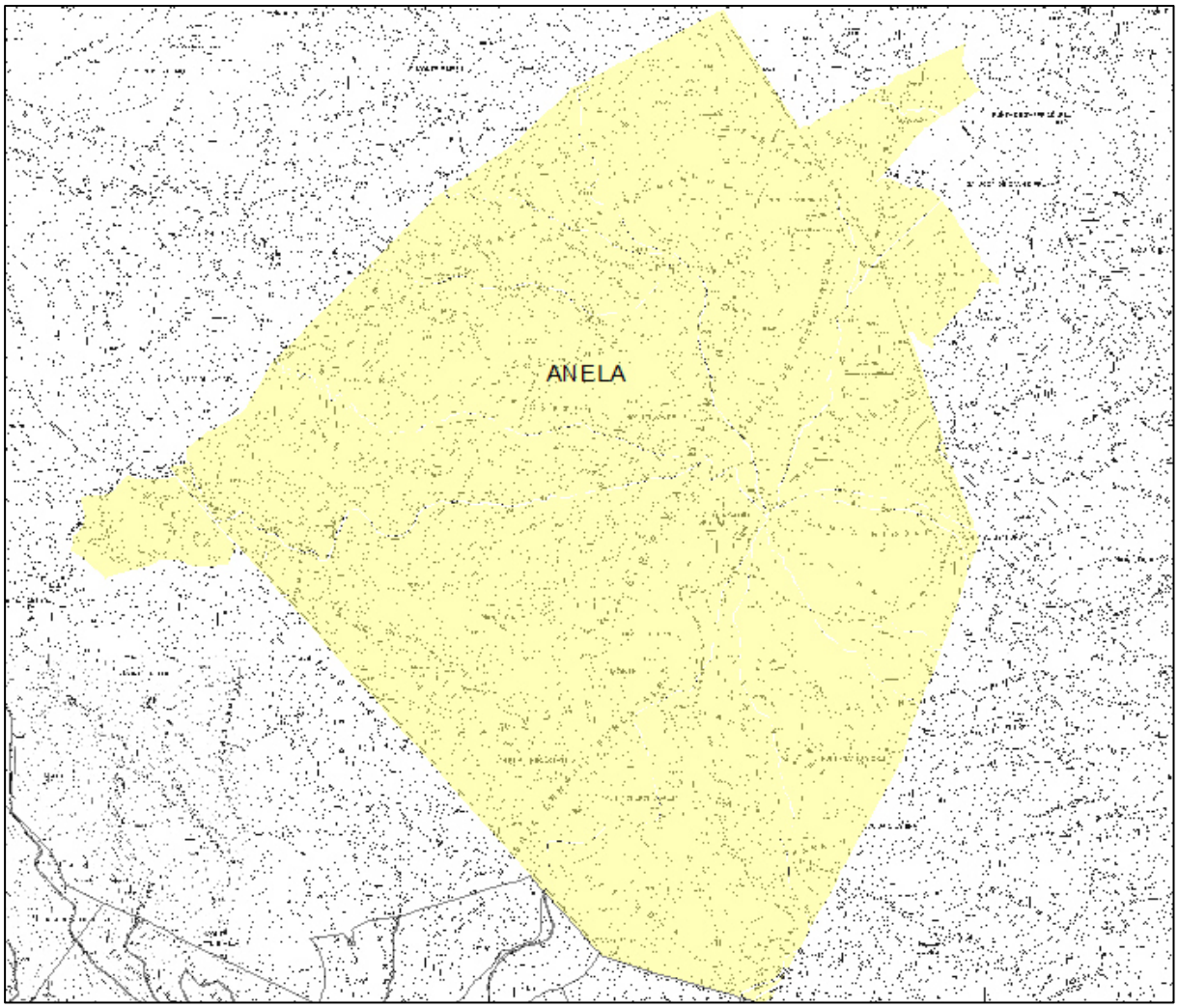


Figura 10 – Stralcio CTR, estensione UGB "Anela". [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da CTR Regione Sardegna].

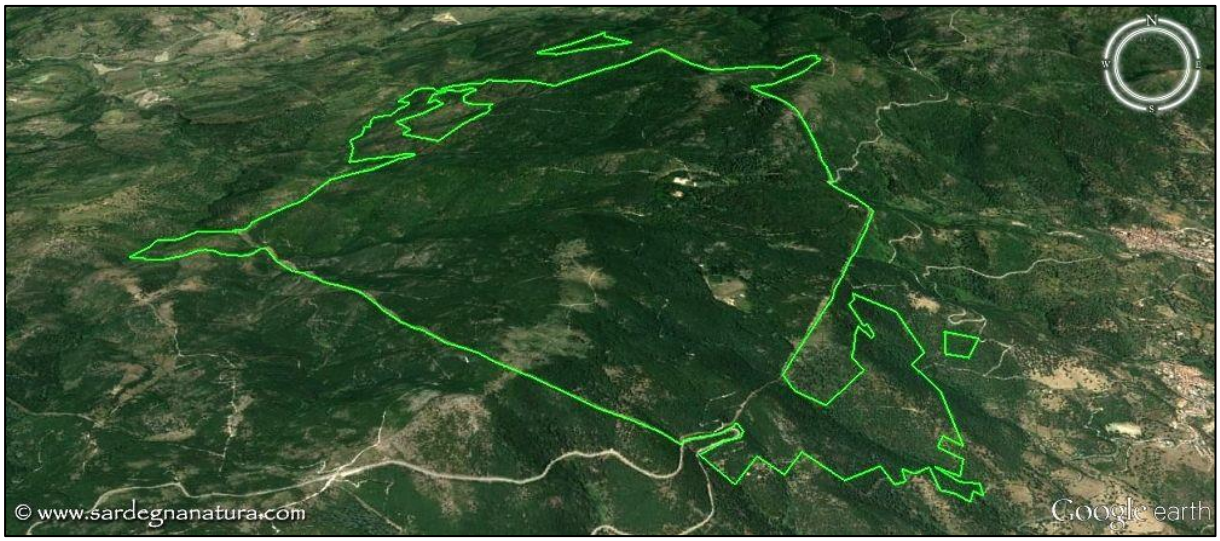


Figura 11 – Compresa Forestale Anela. [Fonte: Sardegna Natura – Google Earth].

- Sezione C: MONTE PISANU. Situata nei Comuni di Bono e Bottida è l'Unità Gestionale di Base più estesa con oltre 2.000 Ha, in cui sono presenti circa 120 Ha di sugherete. In questa foresta è presente un importante parco avventura naturalistico. L' area in oggetto è rappresentata nei fogli CTR 480120, 480160 e 481130 della Regione Sardegna; nelle figure seguenti vengono riportati un estratto dai CTR e la vista satellitare dell'area;

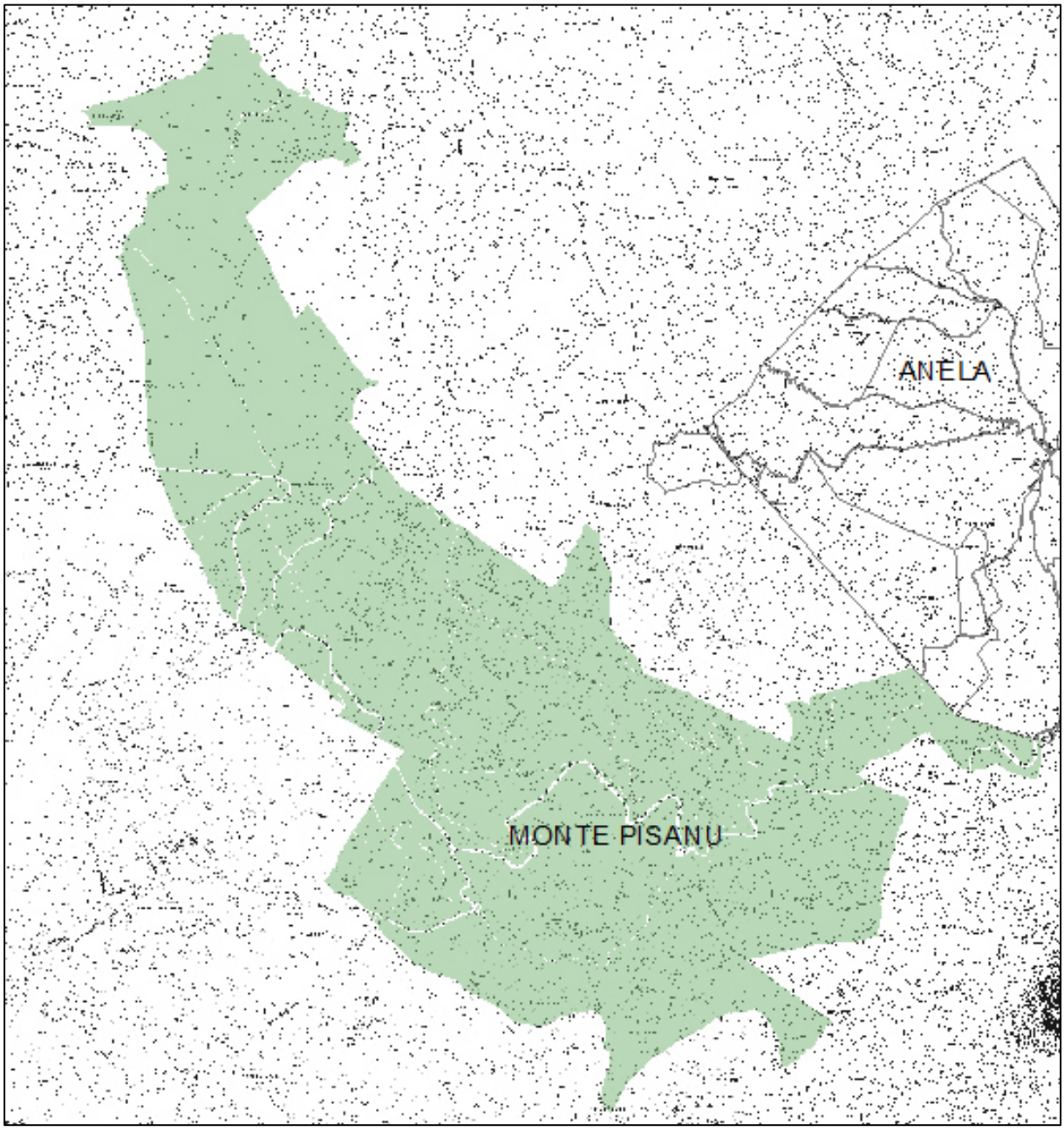


Figura 12 – Stralcio CTR, estensione UGB "MONTE PISANU". [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da CTR Regione Sardegna].

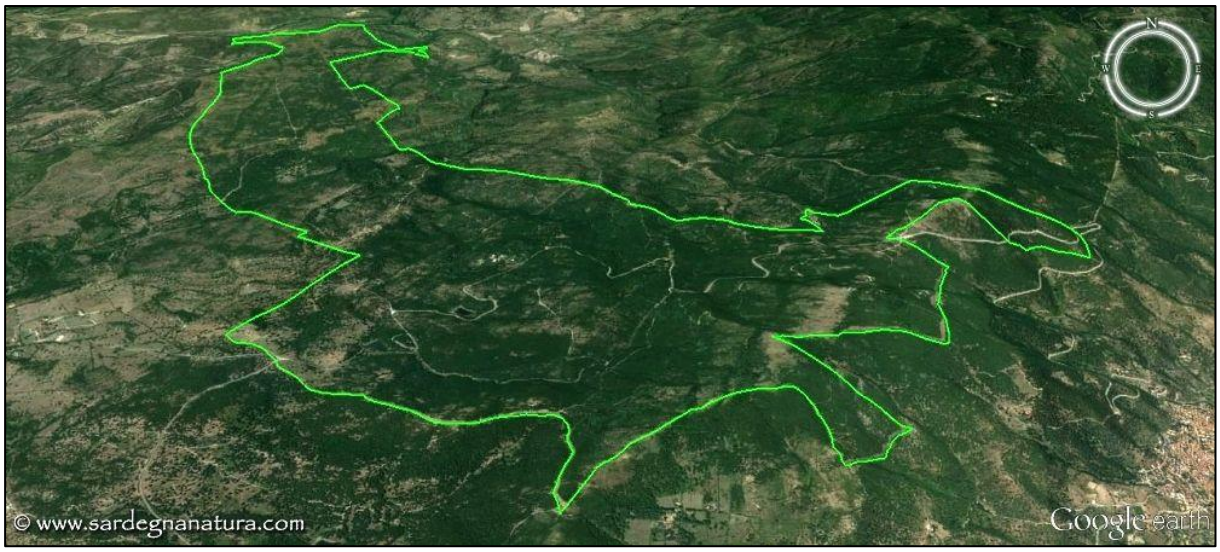


Figura 13 – Compresa Forestale Monte Pisanu. [Fonte: Sardegna Natura – Google Earth].

Come si vedrà in seguito, la suddivisione e classificazione dettagliata in particelle forestali e sottoparticelle forestali ha permesso di effettuare valutazioni economiche riferite a ciascuna entità ed una rappresentazione grafica delle informazioni ottenute mediante l'utilizzo di un sistema informativo territoriale (SIT).

3.3. Quadro conoscitivo del complesso

3.3.1. Il Sistema Informativo Territoriale (SIT)

Come già indicato in precedenza, le informazioni descrittive e cartografiche dei piani di gestione forestale sono state inserite in un Sistema Informativo Territoriale (SIT), il quale permette in modo libero la gestione, manutenzione e interrogazione dell'intera banca dati.

Inoltre, durante la realizzazione del Piano Forestale Particolareggiato (PFP), il quale fornisce la programmazione delle attività silvopastorali per il decennio 2014 – 2023, ciascuna particella è stata percorsa in modo accurato dai tecnici al fine di rilevare la maggior parte di dati da inserire nelle descrizioni particellari. Tra le principali famiglie di attributi schedati si sottolineano:

- Attributi relativi all'uso del suolo generici;
- Attributi relativi all'uso del suolo di tipo forestale;
- Attributi relativi alle macchie, con la realizzazione di apposite schede;
- Attributi relativi alle aree aperte ed alle aree pascolate;
- Attributi aggiuntivi per le sugherete, con apposita scheda, vista la grande importanza economica dovuta alla presenza di questa specie.

Sono stati inoltre definiti i principali parametri colturali, la presenza di danni, i processi evolutivi e di rinnovazione in atto, nonché gli interventi presenti per la prevenzione degli incendi boschivi.

Completano infine il lavoro di schedatura effettuato il rilievo dei seguenti elementi:

- Viabilità: sono stati rilevati i tracciati della viabilità forestale primaria e secondaria e attributi descrittivi per la sola viabilità principale;
- Infrastrutture di interesse gestionale: rilevati per posizione ed attributi (ad esempio abbeveratoi, edifici, recinzioni);
- Emergenze: rilevati per posizione ed attributi (viali tagliafuoco);
- Dissesti: rilevati per posizione ed attributi descrittivi specifici.

A titolo di esempio, nelle pagine seguenti viene riportata una scheda descrittiva di una particella forestale e delle relative sottoparticelle, la quale contiene almeno una scheda descrittiva di una sughereta. Come si può osservare i dati riportati, sia testuali che cartografici, sono numerosi e molto dettagliati. Tutte le schede descrittive sono raccolte nel "Registro Particellare", uno dei numerosi documenti che compongono il PFP del complesso forestale Goceano, riferito alle UGB Fiorentini – Anela – Monte Pisanu. L'ultimo aggiornamento di questo documento risale all'agosto 2017.

Tutti i dati raccolti all'interno del registro particellare, il quale conta 1004 sottoparticelle forestali, sono anche resi disponibili dall'Ente Foreste in un database, più comodo per realizzare alcune importanti valutazioni. Nei paragrafi successivi verrà illustrata brevemente la realizzazione del modello GIS e le sue finalità, mentre nei capitoli successivi verranno riportati esempi sull'utilizzo del modello stesso, gestito mediante il software "ArGIS ArcMap 10.7", per fornire la rappresentazione di alcuni attributi di interesse per la valutazione economica in oggetto.

Si riporta la scheda relativa alla Particella Forestale numero 102, appartenente al complesso forestale del "Goceano" e all'Unità Gestionale di Base di Fiorentini. Questa particella è composta da tre sottoparticelle forestali di cui una sughereta (A 102-1; A 102-2; A 102-3). Sono inoltre riportati gli interventi in essere all'interno delle sottoparticelle stesse.

Piano di Gestione ed Assestamento Forestale Regione Sardegna

PARTICELLA FISIOGRAFICA

Goceano	Fiorentini	A	102
COMPLESSO	UGB	SEZ	PF

CARATTERI GENERALI — Fiorentini (id: 1954)

Data del rilievo: **2012-06-13** Rilevatore : **TG2**

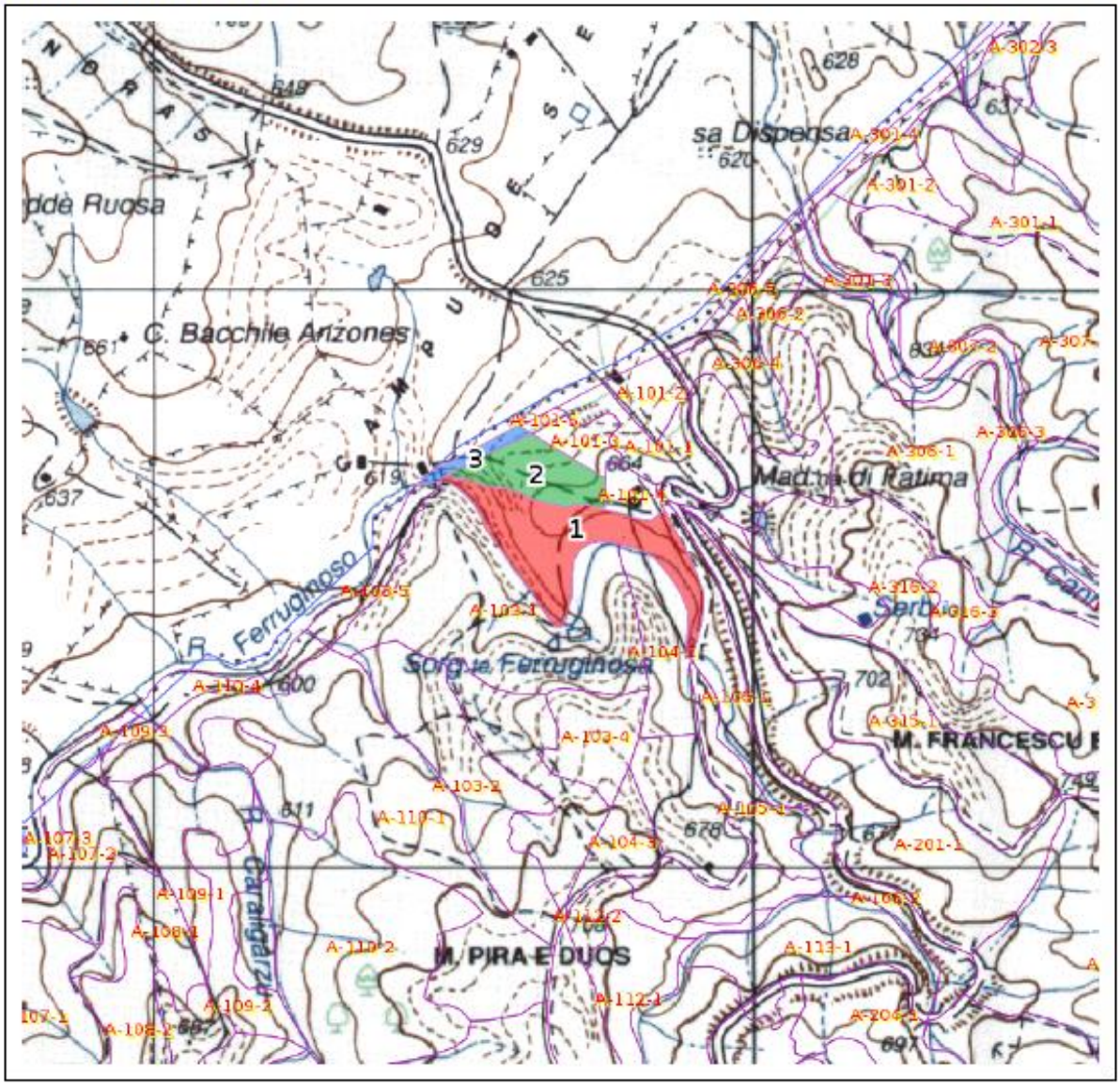
ELENCO DELLE SOTTOPARTICELLE FISIONOMICHE

SF	Sottocategoria forestale	Compresa	Superficie tot. (ha)
1	101 - Leccete	Fustaie di leccio	41037.2821
2	302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi	Sugherete	18205.5661
3	3700 - Viali parafuoco	Altre superfici	3654.9836

ELENCO INTERVENTI ATTIVI

SF	N°I.	Tipo Intervento	Quantità	Anno min	Anno max	Rif. Modulo
2	1	Estrazione	1.7693 HA	2014	2015	2
3	1	Manutenzione viale parafuoco	0.3444 HA	2014		3

Particella Forestale Scala 1:15000



Piano di Gestione ed Assestamento Forestale Regione Sardegna

SOTTOPARTICELLA FORESTALE	Goceano	Fiorentini	A	102	1
	COMPLESSO	UGB	SEZ	PF	SF

Uso del Suolo (Corine land cover): **3.1.1. Boschi di latifoglie**
Sottocategoria forestale: **101 - Leccete**
Compresa: **Fustaie di leccio**
Funzione prevalente: **Produzione**
Orientamento gestionale: **conversione in fustaia**

DATI GENERALI

Superficie totale (ha): **41037.2821**
Tare (ha): **0.4396**
Superficie netta (ha): **3.6641**
Altitudine max(m): **664**
Altitudine prev (m): **641**
Altitudine min (m): **611**
Pendenza media: **30 - 50%**
Esposizione:

Rocciosità: **mediam.roccioso (dist.tra rocce: 1,5 - 10m)**
Pietrosità: **mediam. pietroso (dist. pietre: 1,5 - 10 m)**
Profondità del suolo: **25-50 cm**
Rischio incendio: **scarso**
Modello di combustibile: **6**
Accessibilità: **Accessibile**
Interventi recenti:
Accidentalità/Ostacoli: **rilevanti ma superabili**

DATI FORESTALI

Tipo colturale: **Fustaia transitoria**
Classe di età: **61-70 anni**
Coeff. di copertura arborea: **95 %**

Grado evolutivo: **Fustaia: giovane fustaia**
Età prevalente:
Origine del bosco: **Agamica o ceduo in conversione**

Composizione specifica: ***Leccio* (>80%)**, ***Sughera* (<20%)**
Copertura arbustiva: **20-50%** ***Cytisus villosus Pourret* , *Erica arborea L.* , *Crataegus monogyna Jacq.***

PARAMETRI DENDROMETRICI STIMATI
Altezza media (m): **9**
Altezza dominante (m): **12**
Densità: **Disforme**

Diam. medio (cm): **20**
N° piante/ha: **2000-3000**
Classe provvigione (mc/ha): **201-250 mc/ha**
Fertilità: **Media**

NOTE
In alcuni punti la densità è rada, in queste zone presenti ceppaie di leccio con 5-6 polloni. Fertilità variabile nelle zone in prossimita del fosso il soprassuolo è più evoluto mentre zone pendenti di displuvio ferilità è scadente. Si segnala lungo il fosso alcuni esemplari di acero di monte con pioppo nero, sambuco e salix sp.

Piano di Gestione ed Assestamento Forestale Regione Sardegna

SOTTOPARTICELLA FORESTALE

Goceano	Fiorentini	A	102	2
COMPLESSO	UGB	SEZ	PF	SF

Uso del Suolo (Corine land cover): **3.1.1. Boschi di latifoglie**
Sottocategoria forestale: **302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi**
Compresa: **Sugherete**
Funzione prevalente: **Produzione**
Orientamento gestionale: **conversione in fustaia**

DATI GENERALI

Superficie totale (ha): **18205.5661**
Tare (ha): **0.0513**
Superficie netta (ha): **1.7693**
Altitudine max(m): **661**
Altitudine prev (m): **649**
Altitudine min (m): **625**
Pendenza media: **15 - 30%**
Esposizione: **Sud-Est**
Rocciosità: **poco roccioso (dist.tra rocce: 10 - 30m)**
Pietrosità: **mediam. pietroso (dist. pietre: 1,5 - 10 m)**
Profondità del suolo: **25-50 cm**
Rischio incendio: **scarso**
Modello di combustibile: **6**
Accessibilità: **Accessibile**
Interventi recenti:
Accidentalità/Ostacoli: **assenti o irrelevanti**

DATI FORESTALI

Tipo colturale: **Fustaia transitoria**
Classe di età: **61-70 anni**
Coeff. di copertura arborea: **90 %**
Grado evolutivo: **Fustaia: giovane fustaia**
Età prevalente:
Origine del bosco: **Agamica o ceduo in conversione**

Composizione specifica: ***Roverella*** **(50-80%),** ***Sughera*** **(20-50%),** ***Leccio*** **(<20%)**
Copertura arbustiva: **>80%** ***Cytisus villosus Pourret , Crataegus monogyna Jacq. , Rubus sp.***

PARAMETRI DENDROMETRICI STIMATI
Altezza media (m): **10**
Altezza dominante (m): **13**
Densità: **Disforme**
Diam. medio (cm): **23**
N° piante/ha: **2000-3000**
Classe provvigione (mc/ha): **151-200 mc/ha**
Fertilità: **Media**

RINNOVAZIONE: **diffusa,Leccio, 80 %,Roverella, 20 %**
Stato vegetativo: **Buono**

PARAMETRI DENDROMETRICI RILEVATI
Altezza media (m):
Altezza dominante (m):
Volume (mc/ha): **190**
Diam. medio (cm): **29**
N° fusti/ha:
Volume totale (mc): **336**
Area basimetrica (mq/ha): **51.5**
Incremento medio (mc/ha anno):

DATI SUGHERETA

Struttura verticale:
SUGHERE TOTALI
N° sughere/ha: **200**
Polloni: **5% - 25%**
Monocauli: **>75%**
Adulte fuori produzione: **<5%**
Giovani non ancora demaschiate: **<5%**
Demaschiabili alla prossima decortica: **<5%**
Già decorticate (furto di sughero):
Sughere produttive: **>75%**

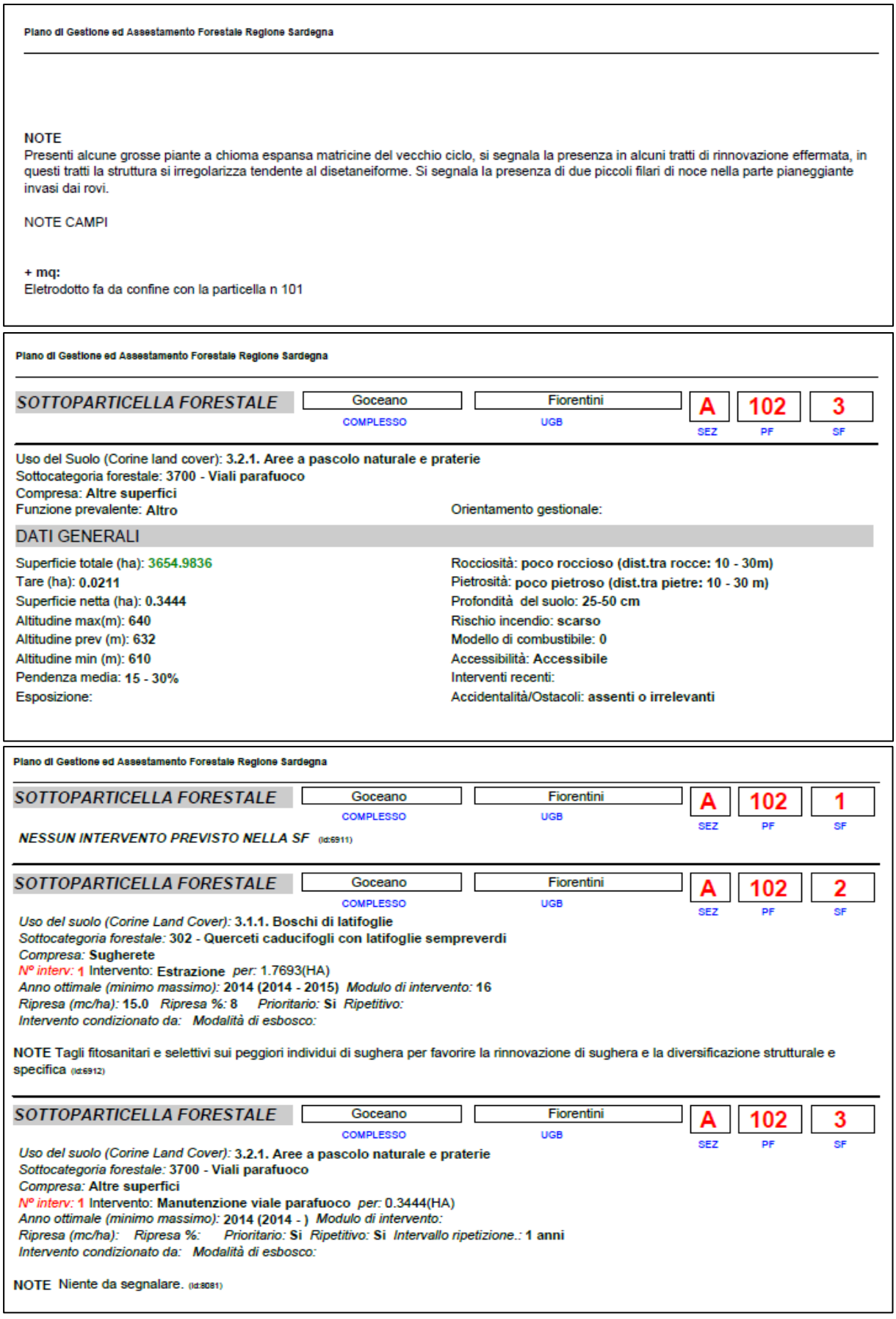
SUGHERE PRODUTTIVE
N°/ha produttive:
Polloni:
Monocauli:
Danni da estrazione:
Fusto molto contorto e ramosità /ginocchiate:
Attaccate da Biscognauxia:

PARAMETRI DENDROMETRICI
Diametro medio a metà altezza decortica (cm):
Età del sughero(anni):
Altezza media di decortica (cm):
Spessore del sughero (cm):

RINNOVAZIONE SUGHERA
Abbondanza:
Stato vegetativo:
Distribuzione spaziale:

CONCORRENZA SUGHERA
Intraspecifica:
Interspecifica:

INDIRIZZO GESTIONALE:



Piano di Gestione ed Assestamento Forestale Regione Sardegna

NOTE
Presenti alcune grosse piante a chioma espansa matricine del vecchio ciclo, si segnala la presenza in alcuni tratti di rinnovazione effermata, in questi tratti la struttura si irregolarizza tendente al disetaneiforme. Si segnala la presenza di due piccoli filari di noce nella parte pianeggiante invasi dai rovi.

NOTE CAMPI

+ mq:
Eletrodotto fa da confine con la particella n 101

Piano di Gestione ed Assestamento Forestale Regione Sardegna

SOTTOPARTICELLA FORESTALE | Goceano (COMPLESSO) | Fiorentini (UGB) | A (SEZ) | 102 (PF) | 3 (SF)

Uso del Suolo (Corine land cover): **3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie**
Sottocategoria forestale: **3700 - Viali parafuoco**
Compresa: **Altre superfici**
Funzione prevalente: **Altro**
Orientamento gestionale:

DATI GENERALI

Superficie totale (ha): **3654.9836**
Tare (ha): **0.0211**
Superficie netta (ha): **0.3444**
Altitudine max(m): **640**
Altitudine prev (m): **632**
Altitudine min (m): **610**
Pendenza media: **15 - 30%**
Esposizione:

Rocciosità: **poco roccioso (dist.tra rocce: 10 - 30m)**
Pietrosità: **poco pietroso (dist.tra pietre: 10 - 30 m)**
Profondità del suolo: **25-50 cm**
Rischio incendio: **scarso**
Modello di combustibile: **0**
Accessibilità: **Accessibile**
Interventi recenti:
Accidentalità/Ostacoli: **assenti o irrelevanti**

Piano di Gestione ed Assestamento Forestale Regione Sardegna

SOTTOPARTICELLA FORESTALE | Goceano (COMPLESSO) | Fiorentini (UGB) | A (SEZ) | 102 (PF) | 1 (SF)

NESSUN INTERVENTO PREVISTO NELLA SF (id:6911)

SOTTOPARTICELLA FORESTALE | Goceano (COMPLESSO) | Fiorentini (UGB) | A (SEZ) | 102 (PF) | 2 (SF)

Uso del suolo (Corine Land Cover): **3.1.1. Boschi di latifoglie**
Sottocategoria forestale: **302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi**
Compresa: **Sugherete**
N° interv: 1 Intervento: **Estrazione** *per:* 1.7693(HA)
Anno ottimale (minimo massimo): **2014 (2014 - 2015)** *Modulo di intervento:* **16**
Ripresa (mc/ha): **15.0** *Ripresa %:* **8** *Prioritario:* **Si** *Ripetitivo:*
Intervento condizionato da: *Modalità di esbosco:*

NOTE Tagli fitosanitari e selettivi sui peggiori individui di sughera per favorire la rinnovazione di sughera e la diversificazione strutturale e specifica (id:6912)

SOTTOPARTICELLA FORESTALE | Goceano (COMPLESSO) | Fiorentini (UGB) | A (SEZ) | 102 (PF) | 3 (SF)

Uso del suolo (Corine Land Cover): **3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie**
Sottocategoria forestale: **3700 - Viali parafuoco**
Compresa: **Altre superfici**
N° interv: 1 Intervento: **Manutenzione viale parafuoco** *per:* 0.3444(HA)
Anno ottimale (minimo massimo): **2014 (2014 -)** *Modulo di intervento:*
Ripresa (mc/ha): *Ripresa %:* *Prioritario:* **Si** *Ripetitivo:* **Si** *Intervallo ripetizione.:* **1 anni**
Intervento condizionato da: *Modalità di esbosco:*

NOTE Niente da segnalare. (id:8081)

Figura 14 – Particella Forestale numero 102. [Fonte: Piano Forestale Particolareggiato – Registro Particellare. Link documento: https://tinyurl.com/Registro-Particellare].

3.3.2. Le origini storiche del complesso forestale

Il complesso forestale "Goceano" è composto da un rilevante storico nucleo di Foreste Demaniali: Fiorentini, Anela e Monte Pisanu. Originariamente questi territori erano denominati come "Foreste demaniali del Goceano: sezione Fiorentini, sezione Anela e sezione Monte Pisanu", in quanto esse erano state acquisite nel 1886 al patrimonio indisponibile dello Stato, secondo la legge n° 3713 del 4 marzo 1886. In seguito all'acquisizione da parte dello Stato, per la foresta di Fiorentini fu attuato un importante piano di gestione per favorirne la produzione di sughero con numerosi interventi di ricostituzione boschiva, andando infine a regolare l'attività di pascolo, molto diffuso all'epoca ma anche molto degradante per il paesaggio.

Successivamente si verificarono nel 1890 e nel 1944 due vasti incendi che interessarono tutte le sugherete, andando a vanificare tutti le migliorie realizzate negli anni precedenti. Nel periodo compreso tra il 1956 e il 1999 le foreste sono in gestione all'Azienda delle Foreste Demaniali della Regione Sardegna, la quale promuove interventi rivolti alla ricostituzione boschiva e alla valorizzazione della produzione sughericola.

Nel periodo di gestione diretta dello Stato, nella foresta di Anela erano consentiti sia il pascolo che la raccolta di legna per la produzione di carbone, eseguita ad opera di alcune maestranze toscane. Le numerose piante ad alto fusto presenti all'epoca vennero utilizzate anche per la produzione di traverse ferroviarie.

Nel 1956 le foreste demaniali vengono trasferite alla Regione Sardegna attraverso l'istituzione dell'Azienda Forestale Demaniale.

Negli ultimi decenni si sono verificati ancora numerosi incendi e dal 1999 le foreste sono passate in gestione al nuovo Ente Foreste, dotato di personalità giuridica di diritto pubblico ma senza natura economica, che gestisce il complesso con una concessione novantanovennale.

L'interesse naturalistico dell'area è notevole e ricade nel sito di interesse comunitario "ITBO111102 – Catene del Marghine Goceano".

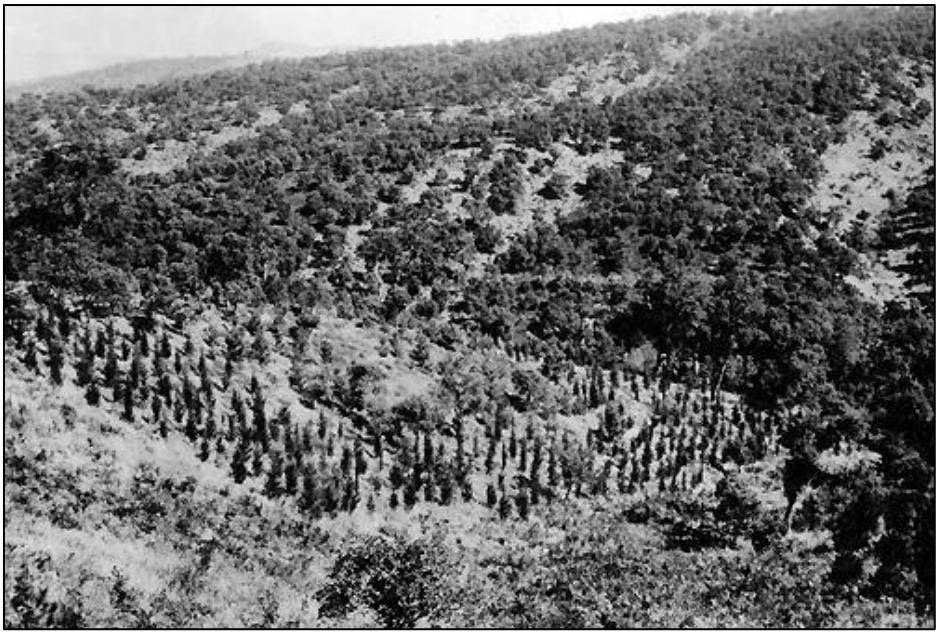


Figura 15 – Foto storica foresta di Fiorentini. [Fonte: Sardegna Foreste].

3.3.3. Inquadramento climatico

Vengono ora riportati i principali dati climatici riferiti alla zona oggetto di analisi. Sono stati considerati i dati termopluviometrici registrati dalla stazione metereologica di Bottidda, in quanto ritenuta la più rappresentativa della zona. I dati, riferiti al periodo 1970 – 2009, sono stati ricavati dagli Annali Idrologici del Servizio Tutela e Gestione delle Risorse Idriche, Vigilanza sui Servizi Idrici e Gestione della Siccità della Regione Autonoma della Sardegna.

I dati climatici sono riferiti alla posizione della stazione metereologica e variano in base ad alcuni fattori quale ad esempio l'esposizione, l'altitudine, la giacitura e l'andamento orografico. Si può affermare che tali dati registrati forniscono quindi in linea di massima ed in prima approssimazione il clima caratterizzante le zone di studio. Si riportano schematicamente la descrizione dei principali fattori climatici.

3.3.3.1. Temperature

Vengono analizzate le temperature medie mensili ottenute dalla stazione metereologica, riportate nella tabella sottostante.

Tabella 6 – Temperature medie mensili. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da Annali Idrologici, Servizio Tutela e Gestione Risorse Idriche].

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic	Media
8,6	9,1	11,7	12,9	17,9	21,9	25,5	26,2	21,2	17,4	12,3	8,8	16,1

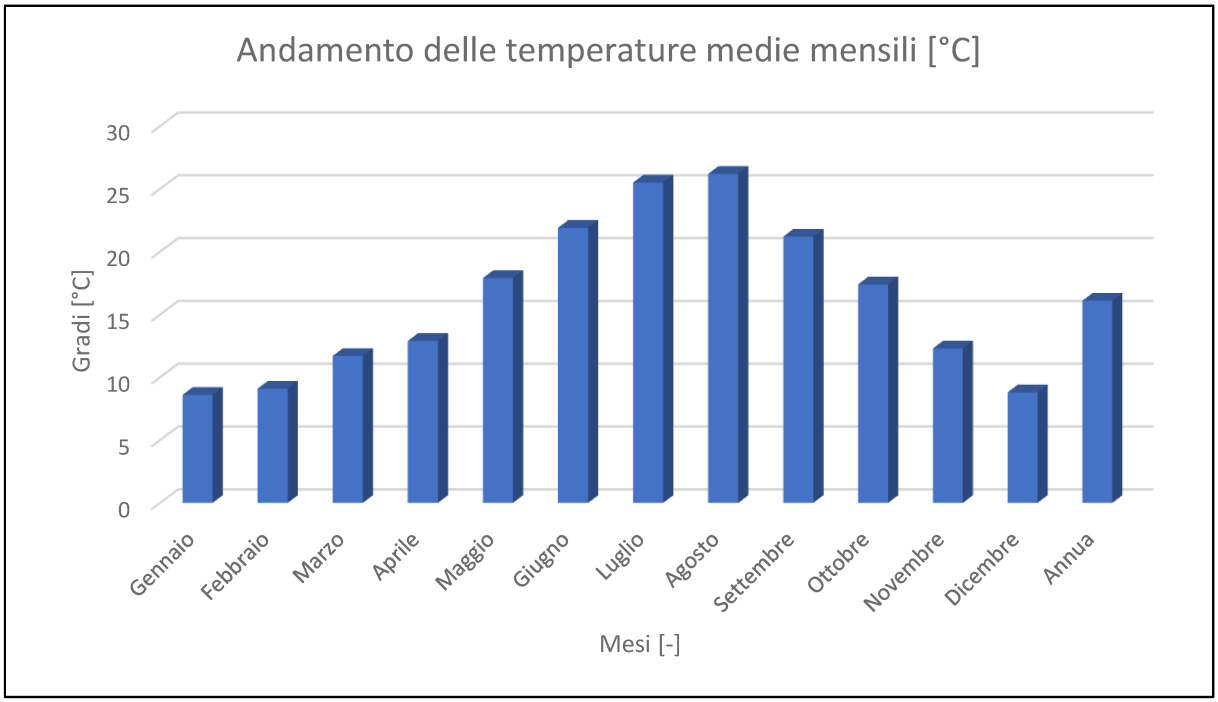


Grafico 1 – Rappresentazione andamento temperature medie mensili. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Come si può osservare dal grafico la temperatura media annuale è di 16.1 °C, con il mese più freddo quello di gennaio ed il più caldo quello di agosto. Nei tre mesi invernali la temperatura media diurna resta al di sotto dei 10 °C mentre nei mesi estivi sono elevate, in quanto superano anche i 25 °C. L'influenza del mare fa sì che le temperature dei mesi della seconda metà dell'anno siano superiori ai

rispettivi mesi della prima metà dell'anno: questo fenomeno prolunga l'estate verso l'autunno, in quanto il mare cede una parte di calore accumulata durante l'estate. Quest'area inoltre presenta una limitata escursione termica annua, ovvero la differenza tra la temperatura media diurna del mese più caldo e quello più freddo. Si registra infatti un'escursione di 17,6 °C che caratterizza il clima in analisi come marittimo.

3.3.3.2. Precipitazioni

Si riportano ora i dati relativi alle precipitazioni medie mensili, il numero di giorni piovosi e la precipitazione media annua.

Tabella 7 – Piovosità media mensile. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da Annali Idrologici, Servizio Tutela e Gestione Risorse Idriche].

Piovosità media mensile [mm]												
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic	Media
92.1	72.8	72.6	98.2	54.4	38.2	12.6	28.6	429	56.3	98.1	104.2	771.0

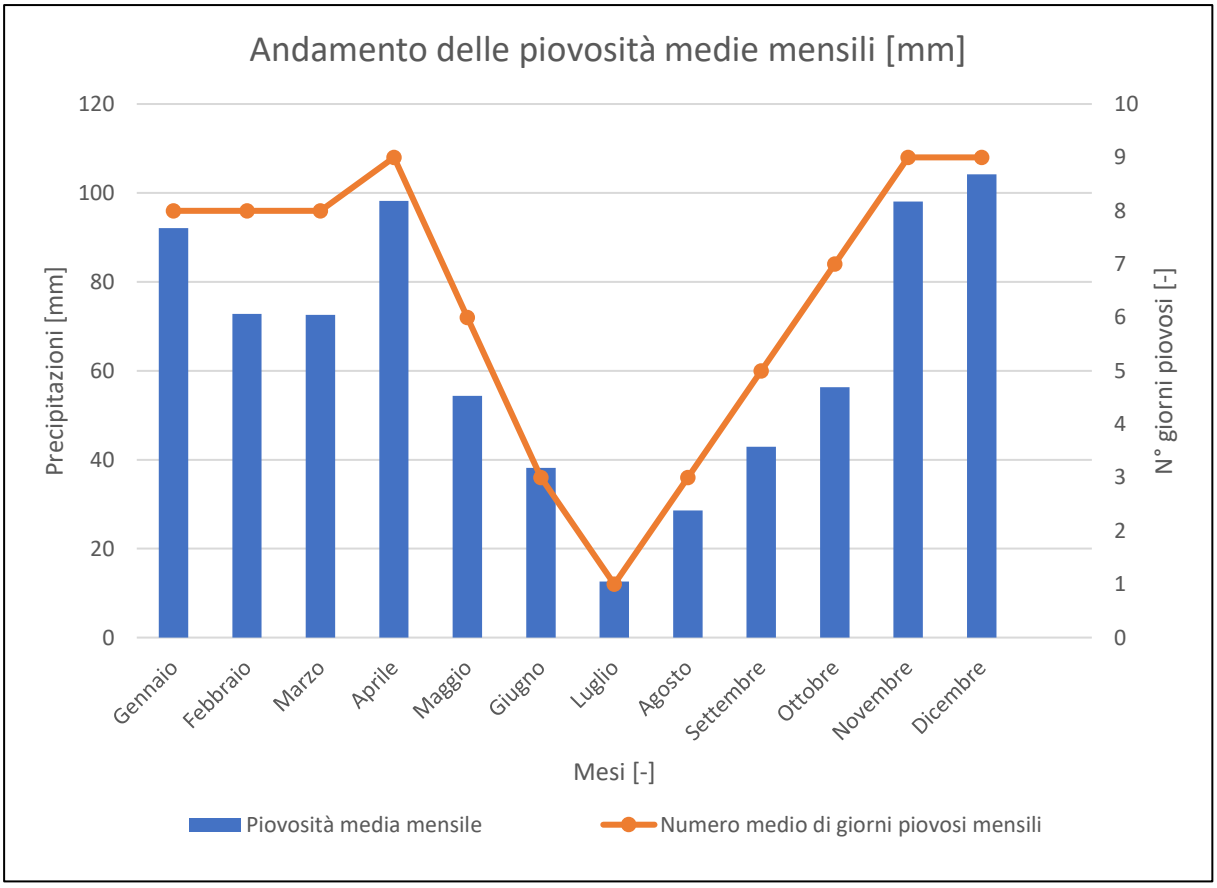


Grafico 2 – Andamento delle piovosità medie mensili e media giorni di piovosità mensile. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Vengono registrati i valori medi delle precipitazioni mensili, espressi in mm di pioggia, registrati dalla stazione metereologica di Bottidda. La media delle precipitazioni annuali è di 770,1 mm. La distribuzione mensile delle piogge è di tipo mediterraneo, con un picco autunnale nel mese di dicembre ed un minimo estivo registrato nel mese di luglio. Nel periodo estivo le precipitazioni non superano mai in media i 150 mm di pioggia, valore al di sotto del quale si può considerare l'estate siccitosa con frequenti condizioni di aridità che causano alcuni fenomeni di sofferenza nella

vegetazione forestale. Nella tabella seguente vengono riportati il numero medio di giorni piovosi mensili, che sono in media 77 giorni/anno.

Tabella 8 – Numero medio mensile di giorni piovosi. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da Annali Idrologici, Servizio Tutela e Gestione Risorse Idriche].

Numero medio mensile di giorni piovosi [-]											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic
8	8	8	9	6	3	1	3	5	7	9	9

3.4. Realizzazione del modello GIS

Il Sistema Informativo Territoriale, definito anche in ambito inglese GIS (Geographic Information System) viene definito come:

"Un sistema informativo basato su tecniche informatiche in grado di acquisire, memorizzare, aggiornare, modellizzare, manipolare, estrarre, analizzare e presentare in forma multimediale dati a referenza geografica (dati georeferenziati)."[8]

In breve, quindi un GIS è paragonabile ad un sistema informativo (il quale raccoglie e gestisce, rendendo disponibili le informazioni memorizzate) ma con la grande potenzialità aggiuntiva di poter operare su dati cartografici e georeferenziati.

3.4.1. Obbiettivi del modello

Avendo a disposizione, per l'area oggetto di studio, i dati descrittivi georeferenziati, viene realizzato il modello GIS dell'intero territorio; la motivazione principale è quella di ottenere una rappresentazione visiva dei dati analizzati e dei risultati ottenuti dalle varie analisi economiche.

Grazie al modello è possibile, in modo rapido e automatico, evidenziare (tematizzare) allo stesso modo tutte le sottoparticelle forestali caratterizzate da un medesimo valore letterale o numerico (ad esempio una caratteristica descrittiva della particella), oppure evidenziare con una scala cromatica la variazione di un dato quantitativo (come ad esempio il valore economico di ciascuna particella oppure la sua quota altimetrica). In altri casi invece il modello può essere interrogato ed analizzato per ricavare nuovi dati che verranno utilizzati come parametri per le successive valutazioni monetarie.

In questa fase iniziale, considerando la finalità estimativa di questo elaborato, non verranno affrontate nel dettaglio le tematiche della modellazione GIS, le quali permettono di collegare tra loro i vari dati presenti per effettuare in seguito interrogazioni ed analisi complesse. Ad esempio, si potrebbe utilizzare per una gestione e pianificazione degli interventi forestali nel tempo oppure ancora individuare tutte le strade e edifici presenti in una determinata sottoparticella forestale.

Ad eccezione del paragrafo successivo dove vengono riportati alcuni cenni sulla realizzazione del modello; successivamente verranno soltanto riportati e commentati i risultati delle tematizzazioni eseguite, tralasciando dalla presente trattazione le operazioni effettuate in ambiente GIS.

[8] "Cartografia numerica e GIS", prof Andrea Lingua, Politecnico di Torino

3.4.2. Caratteristiche del modello

Il modello è stato realizzato e gestito mediante il software commerciale "ArcGIS Arc Map 10.7". Essendo un sistema georeferenziato la prima operazione effettuata all'interno del software è stata quella di impostare un sistema di riferimento geografico: si è scelto il sistema di riferimento "Monte Mario Roma 1", con una proiezione trasversale di Mercatore. Si è optato per questo specifico sistema in quanto i dati di partenza erano georeferenziati in questo modo.

Oltre ai vari elaborati grafici e relazioni descrittive del "Piano Forestale Particolareggiato del Goceano"[9] fanno parte del materiale informativo del caso studio anche numerosi database digitali, con formato ".xlsx" e altri file contenenti shapefile, nel formato ".shp"; questi ultimi sono un formato vettoriale per i sistemi informativi territoriali.

Nella seguente tabella si riporta l'elenco dei vari prodotti (database e shapefile) che sono stati inseriti all'interno del modello.

Tabella 9 – Elenco prodotti utilizzati per la realizzazione del modello GIS. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Prodotto	Tipologia elaborato	Formato	Nome cartella	Esempio Nome file
Banca dati degli attributi delle sottoparticelle	Database	xls	Elaborati xls - piano interventi silvo-past	Archivio_SF_Goceano_rev01
Fabbricati	Database	xls	Elaborati xls	Fabbricati_Goceano_rev00
Particelle e Sottoparticelle Forestali	cartografia vettoriale	shp	Cartografia vettoriale	PF_Goceano_rev00; SF_Goceano_rev00
Viabilità	cartografia vettoriale	shp	Cartografia vettoriale	Viab_Goceano_rev00
Fabbricati	cartografia vettoriale	shp	Cartografia vettoriale	Fabbricati_Goceano_rev00
Modello digitale del terreno	cartografia	txt	Cartografia vettoriale	DTM_Goceano_rev00
Particelle catastali	cartografia vettoriale	shp	Cartografia vettoriale	Catastali_Goceano_rev00

Dopo aver inserito tutti gli shapefiles all'interno dell'ambiente del software ne sono stati creati dei nuovi in base alle necessità. Per operare sugli shapefiles è necessario definire a priori i campi dati indicandone anche la tipologia e lo spazio di memorizzazione necessaria. Ad esempio, partendo dallo shape "SF_Goceano_Rev_00", il quale contiene al suo interno la rappresentazione geometrica di ogni sottoparticella forestale, sono stati successivamente aggiunti tutti i campi dati ritenuti necessari, importando i valori dal database "Archivio_SF_Goceano_rev01". È quindi fondamentale che ci sia un riferimento chiaro ed univoco per permettere un aggiornamento dei dati presenti nel modello GIS e le

[9] Link: https://tinyurl.com/SEF-dati-Goceano

valutazioni economiche presenti nel foglio di calcolo. A tal fine, è stato utilizzato come riferimento comune il campo dati "Id SF": composto da numeri a tre o quattro cifre progressivi e senza ripetizioni, attribuiti a ciascuna sottoparticella forestale. Si è assunto come riferimento questo valore, preferendolo alla classificazione per tre campi dati "Sezione", "Particella Forestale" e "Sottoparticella Forestale" in quanto più semplice ed univoco.

Delle varie analisi effettuate sul modello verranno riportate in questo elaborato due tipologie di immagini: una relativa al complesso forestale di Fiorentini e l'altra immagine riferita ai complessi forestali Anela e Monte Pisanu, in quanto adiacenti per continuità territoriale. L'esportazione di tali immagini dall'ambiente GIS, viste le differenti dimensioni territoriali sarà quindi effettuata con due scale di rappresentazione non normalizzate e differenti tra loro. Si ritiene comunque accettabile questa rappresentazione, ricordando la finalità della stessa.

Infine, in base alla scelta del parametro di riferimento adottato, negli allegati ove sono presenti i dati relativi a ciascuna delle sottoparticelle forestali presenti, essi saranno ordinati secondo l'ordine crescente del campo dati "Id SF", i cui valori risultano essere compresi tra 376 e 8204.

Nelle figure seguenti, a titolo di esempio, si riportano alcune schermate del software "ArcGIS Arc Map 10.7".

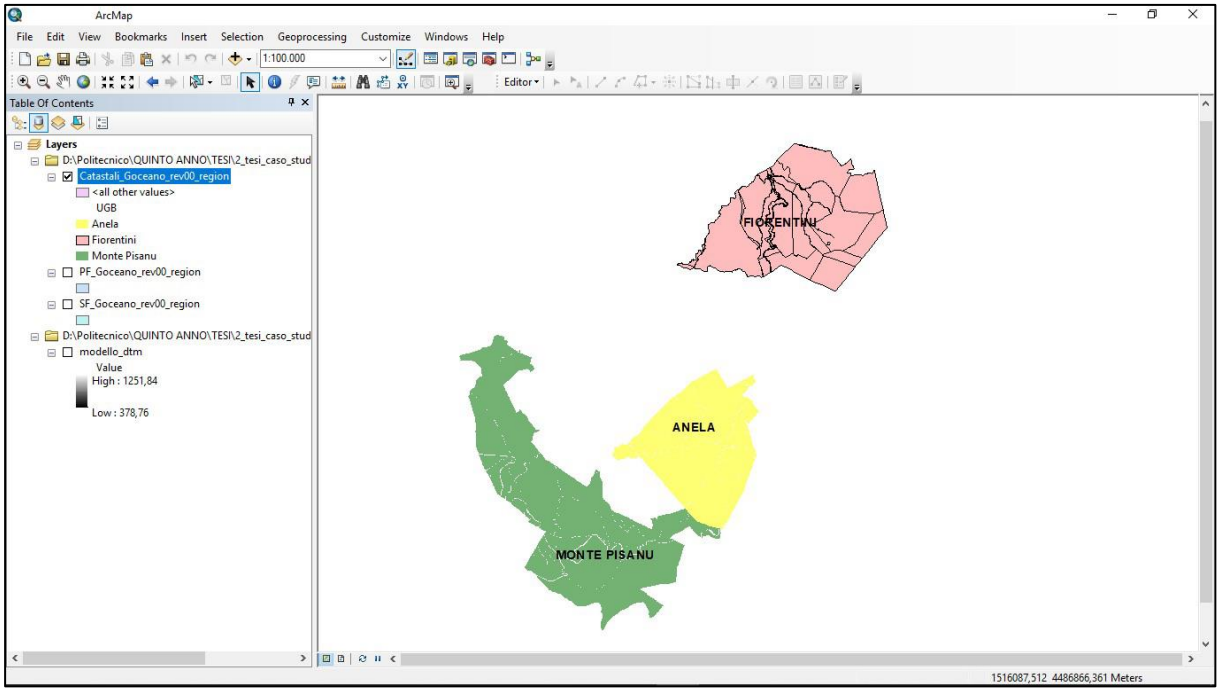


Figura 16 – Ambiente di lavoro del software "ArcGIS ArcMap". Si può osservare la morfologia delle tre Unità Gestionali di Base (UGB) con cui è stato classificato il territorio (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

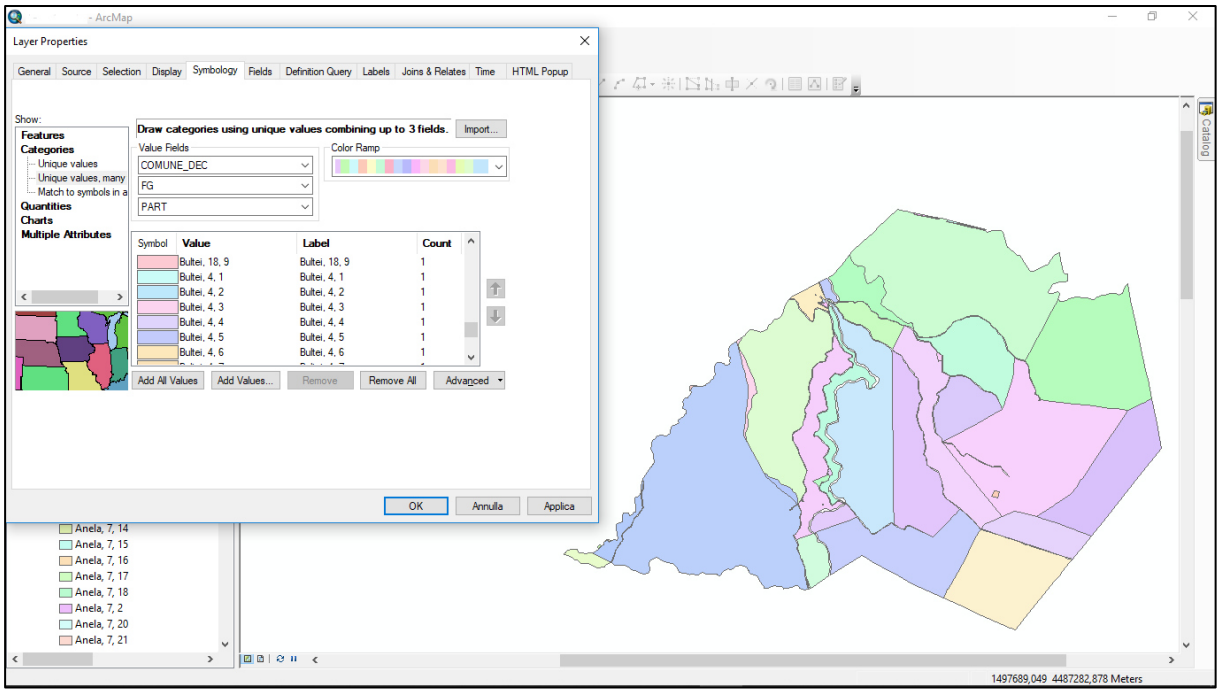


Figura 17 – Tematizzazione della foresta Fiorentini in base alla suddivisione in fogli e particelle catastali con relativa finestra di dialogo. Si tratta di una tematizzazione per categorie, ovvero per singoli valori dei dati (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

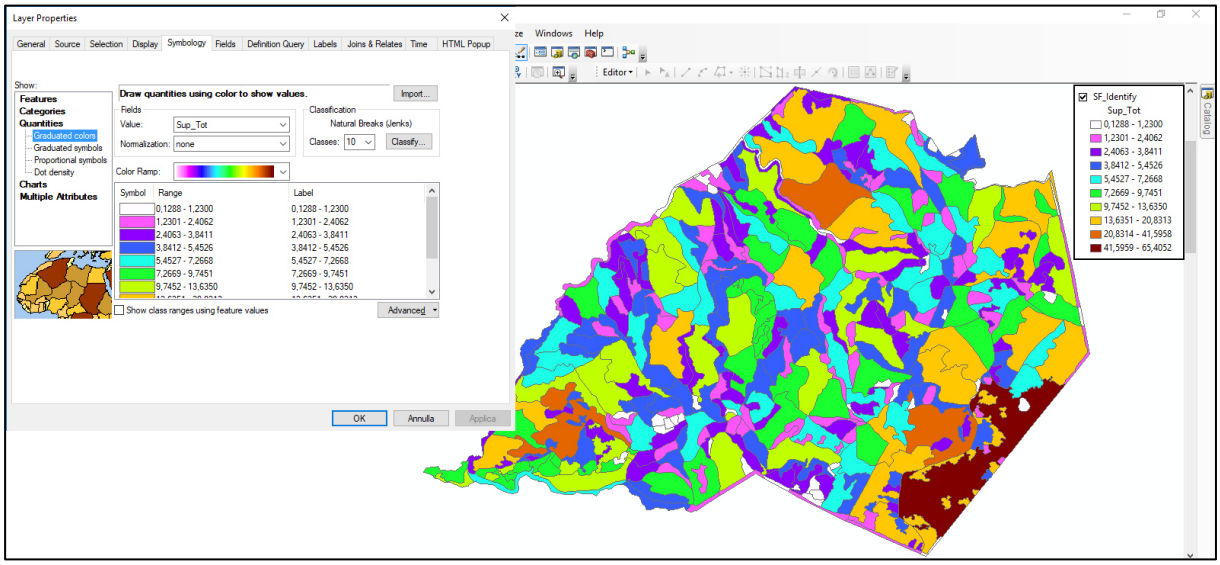
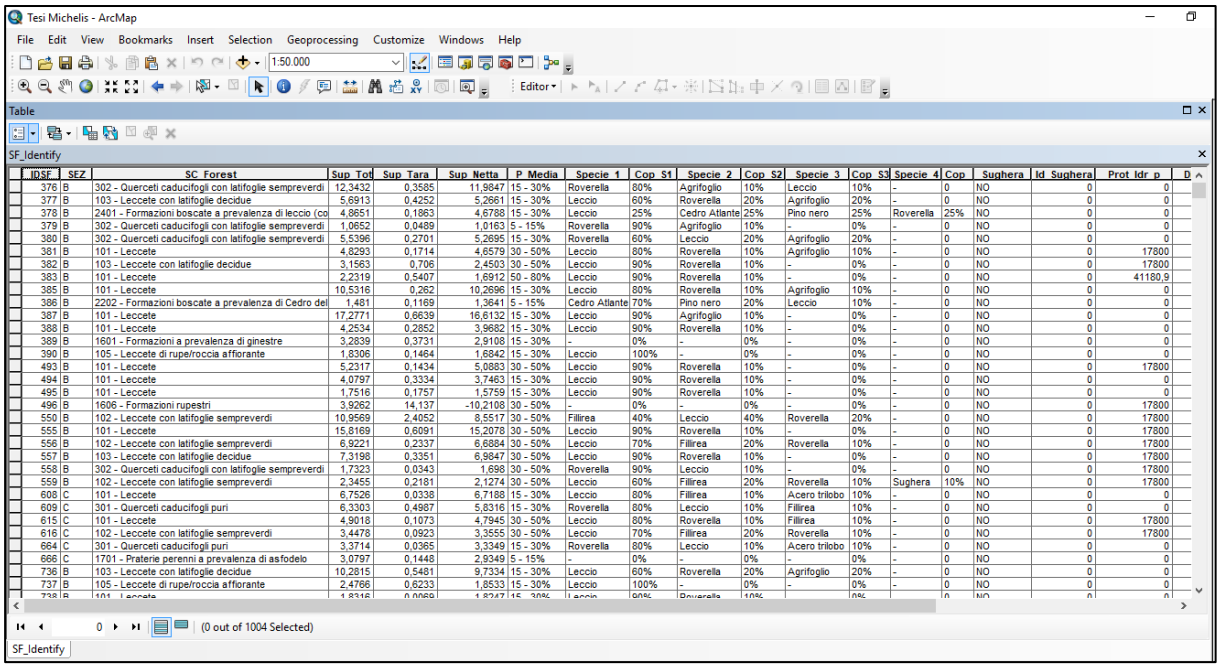


Figura 18 – Tematizzazione della foresta Fiorentini in base all'estensione territoriale delle varie sottoparticelle forestali, con relativa finestra di dialogo. Si tratta di una tematizzazione per quantità, ovvero i dati vengono raggruppati in alcune classi e successivamente tematizzate. Nell'esempio riportato sono presenti dieci classi di dati. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].



OBJECTID	SEZ	SC_Forest	Sup_Tot	Sup_Tara	Sup_Netta	P_Media	Specie_1	Cop_S1	Specie_2	Cop_S2	Specie_3	Cop_S3	Specie_4	Cop	Sughera	Id_Sughera	Prot_Idr_p	D
376	B	302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi	12,3432	0,3585	11,9847	15 - 30%	Roverella	80%	Agrifoglio	10%	Leccio	10%	-	0	NO	0	0	
377	B	103 - Leccete con latifoglie decidue	5,6913	0,4252	5,2661	15 - 30%	Leccio	60%	Roverella	20%	Agrifoglio	20%	-	0	NO	0	0	
378	B	2401 - Formazioni boscate a prevalenza di leccio (co	4,8651	0,1863	4,6788	15 - 30%	Leccio	25%	Cedro Atlante	25%	Pino nero	25%	Roverella	25%	NO	0	0	
379	B	302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi	1,0652	0,0489	1,0163	5 - 15%	Roverella	90%	Agrifoglio	10%	-	0%	-	0	NO	0	0	
380	B	302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi	5,5396	0,2701	5,2695	15 - 30%	Roverella	60%	Leccio	20%	Agrifoglio	20%	-	0	NO	0	0	
381	B	101 - Leccete	4,8293	0,1714	4,6579	30 - 50%	Leccio	80%	Roverella	10%	Agrifoglio	10%	-	0	NO	0	17800	
382	B	103 - Leccete con latifoglie decidue	3,1563	0,706	2,4503	30 - 50%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	17800	
383	B	101 - Leccete	2,2319	0,5407	1,6912	50 - 80%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	41180,9	
385	B	101 - Leccete	10,5316	0,262	10,2696	15 - 30%	Leccio	80%	Roverella	10%	Agrifoglio	10%	-	0	NO	0	0	
386	B	2202 - Formazioni boscate a prevalenza di Cedro del	1,481	0,1169	1,3641	5 - 15%	Cedro Atlante	70%	Pino nero	20%	Leccio	10%	-	0	NO	0	0	
387	B	101 - Leccete	17,2771	0,6639	16,6132	15 - 30%	Leccio	90%	Agrifoglio	10%	-	0%	-	0	NO	0	0	
388	B	101 - Leccete	4,2534	0,2852	3,9682	15 - 30%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	0	
389	B	1601 - Formazioni a prevalenza di ginestre	3,2839	0,3731	2,9108	15 - 30%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0	NO	0	0	
390	B	105 - Leccete di rupe/roccia affiorante	1,8306	0,1464	1,6842	15 - 30%	Leccio	100%	-	0%	-	0%	-	0	NO	0	0	
493	B	101 - Leccete	5,2317	0,1434	5,0883	30 - 50%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	17800	
494	B	101 - Leccete	4,0797	0,3334	3,7463	15 - 30%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	0	
495	B	101 - Leccete	1,7516	0,1757	1,5759	15 - 30%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	0	
496	B	1606 - Formazioni rupestri	3,9262	14,137	-10,2108	30 - 50%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0	NO	0	17800	
550	B	102 - Leccete con latifoglie sempreverdi	10,9569	2,4052	8,5517	30 - 50%	Fillirea	40%	Leccio	40%	Roverella	20%	-	0	NO	0	17800	
555	B	101 - Leccete	15,8169	0,6091	15,2078	30 - 50%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	17800	
556	B	102 - Leccete con latifoglie sempreverdi	6,9221	0,2337	6,6884	30 - 50%	Leccio	70%	Fillirea	20%	Roverella	10%	-	0	NO	0	17800	
557	B	103 - Leccete con latifoglie decidue	7,3198	0,3351	6,9847	30 - 50%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	0%	-	0	NO	0	17800	
558	B	302 - Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi	1,7323	0,0343	1,698	30 - 50%	Roverella	90%	Leccio	10%	-	0%	-	0	NO	0	17800	
559	B	102 - Leccete con latifoglie sempreverdi	2,3455	0,2181	2,1274	30 - 50%	Leccio	60%	Fillirea	20%	Roverella	10%	Sughera	10%	NO	0	17800	
608	C	101 - Leccete	6,7526	0,0338	6,7188	15 - 30%	Leccio	80%	Fillirea	10%	Acero trilobo	10%	-	0	NO	0	0	
609	C	301 - Querceti caducifogli puri	6,3303	0,4987	5,8316	15 - 30%	Roverella	80%	Leccio	10%	Fillirea	10%	-	0	NO	0	0	
615	C	101 - Leccete	4,9018	0,1073	4,7945	30 - 50%	Leccio	80%	Roverella	10%	Fillirea	10%	-	0	NO	0	17800	
616	C	102 - Leccete con latifoglie sempreverdi	3,4478	0,0923	3,3555	30 - 50%	Leccio	70%	Fillirea	20%	Roverella	10%	-	0	NO	0	17800	
664	C	301 - Querceti caducifogli puri	3,3714	0,0365	3,3349	15 - 30%	Roverella	80%	Leccio	10%	Acero trilobo	10%	-	0	NO	0	0	
666	C	1701 - Praterie perenni a prevalenza di asfodelo	3,0797	0,1448	2,9349	5 - 15%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0	NO	0	0	
736	B	103 - Leccete con latifoglie decidue	10,2815	0,5481	9,7334	15 - 30%	Leccio	60%	Roverella	20%	Agrifoglio	20%	-	0	NO	0	0	
737	B	105 - Leccete di rupe/roccia affiorante	2,4766	0,6233	1,8533	15 - 30%	Leccio	100%	-	0%	-	0%	-	0	NO	0	0	

Figura 19 – Estratto della tabella dati del principale shapefile presente nel modello GIS. Nello shapefile "SF_Identify" sono riportati tutti i dati descrittivi ed i valori economici calcolati. Come si può osservare sono presenti tutte le 1004 sottoparticelle forestali. [Fonte: elaborazione dell'autore].

3.4.3. Costruzione del modello tridimensionale del terreno – DTM

Dopo aver rappresentato planimetricamente il territorio delle tre Unità Gestionali di Base, si è realizzato, sempre in ambiente GIS ma con il software "ArcGIS Arc Scene", un modello tridimensionale del terreno. Il Digital Terrain Model (DTM), ovvero Modello Digitale del Terreno, si costruisce partendo da una matrice di pixel ottenuta con tecniche di fotogrammetria di prossimità e contiene per ciascun pixel la quota della superficie del terreno. I dati necessari per la realizzazione della superficie 3D sono presenti negli elaborati del "Piano Forestale Particolareggiato del Goceano", già utilizzato in precedenza. Grazie a questo modello è quindi possibile visualizzare l'andamento del terreno, la variazione dell'altitudine, i versanti e le differenti esposizioni del terreno.

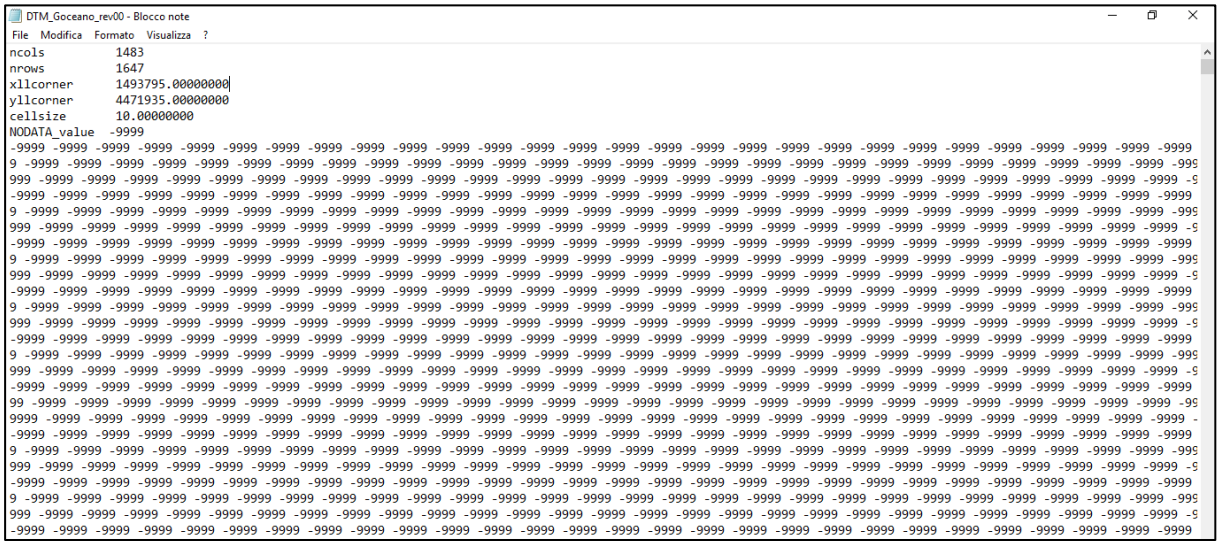


Figura 20 – Estratto dei dati di input per la realizzazione del modello DTM. [Fonte: "DTM_Goceano_rev00" – Piano Forestale Particolareggiato].

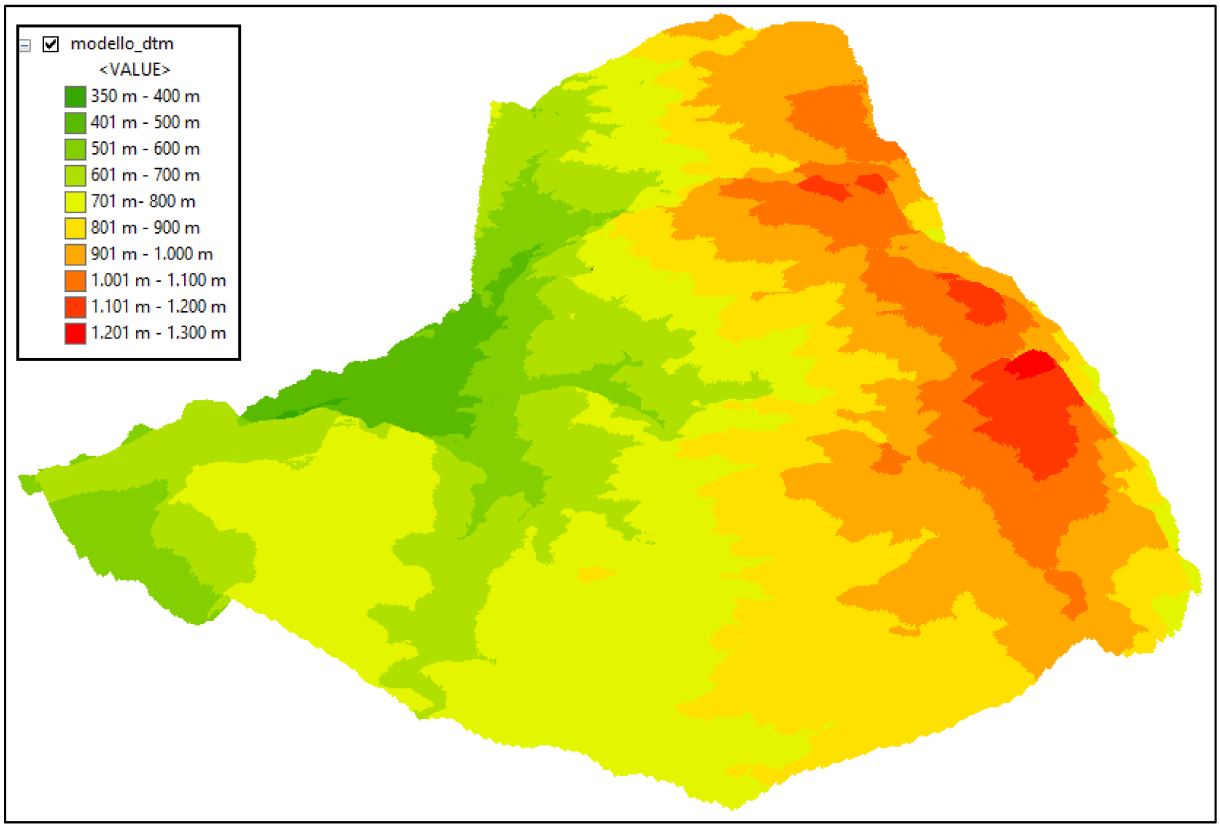


Figura 21 – Modello DTM del territorio considerato (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: m). [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "DTM_Goceano_rev00.]

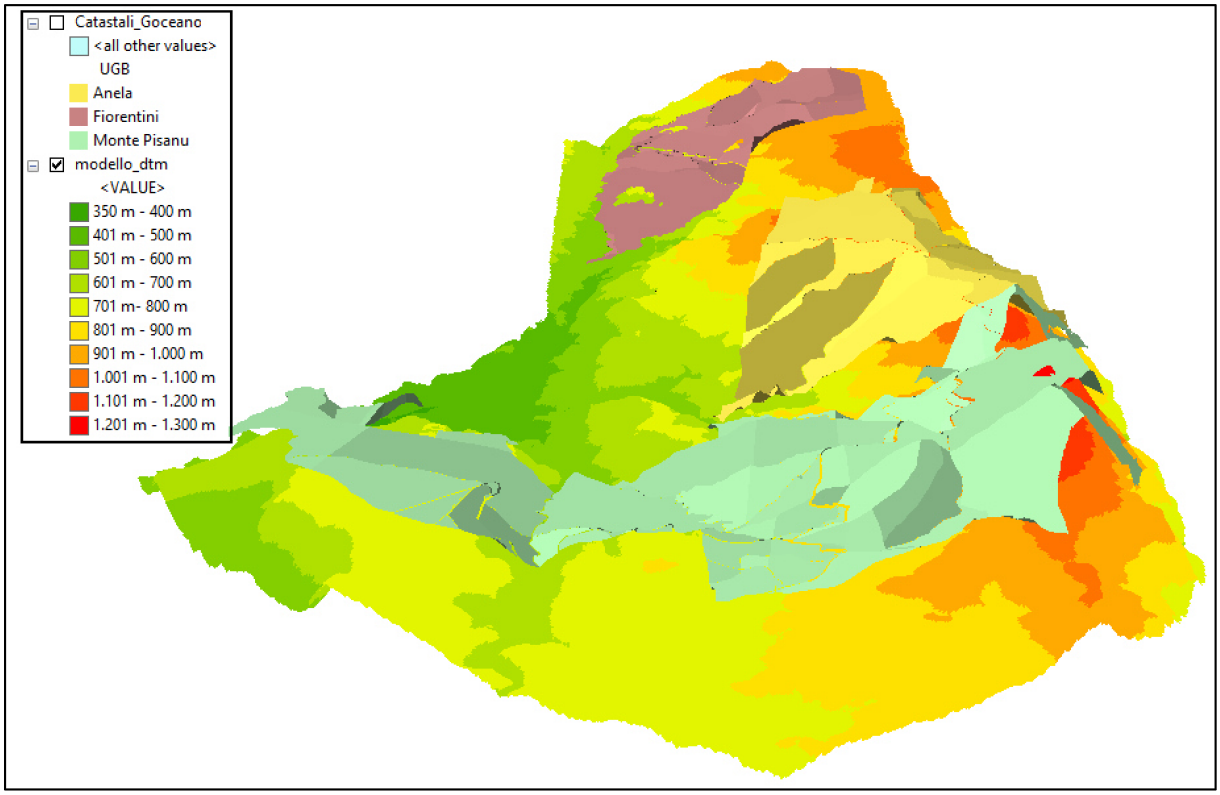


Figura 22 – Modello DTM del territorio considerato con evidenziata la posizione delle foreste di Fiorentini, Anela, e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: m). [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "DTM_Goceano_rev00].

3.5. Descrizione delle sottocategorie forestali e delle specie arboree presenti

Dopo aver presentato l'ambito territoriale, ambientale e catastale e aver descritto la struttura del modello GIS di riferimento dell'area, in questa ultima parte del capitolo viene analizzata nel dettaglio la composizione specifica delle sottoparticelle forestali.

Durante la realizzazione del Piano di Gestione ed Assestamento Forestale della Regione Sardegna, nel Registro Particellare, i tecnici hanno attribuito a ciascuna sottoparticella forestale una sottocategoria forestale per descrivere in modo speditivo la composizione della stessa. Le 40 sottocategorie forestali individuate all'interno del complesso forestale in esame sono riportate nella seguente tabella. Inoltre, per ogni sottocategoria forestale è stata indicata la quantità di sottoparticelle forestali presenti nell'intero complesso oggetto di analisi.

Tabella 10 – Sottocategorie forestali rilevate e numero di SF presenti per ciascuna di esse. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire dal Registro Particellare – PFP Regione Sardegna].

Codice [-]	Descrizione [-]	N° SF presenti [-]
-	Non classificate	7
101	Leccete	133
102	Leccete con latifoglie sempreverdi	40
103	Leccete con latifoglie decidue	108
104	Leccete con copertura < 50% su formazioni erbacee	1
105	Leccete di rupe/roccia affiorante	38
201	Sugherete	54
202	Sugherete con latifoglie sempreverdi	16
203	Sugherete con latifoglie decidue	37
204	Sugherete con copertura < 50% su formazione erbacea	4
301	Querceti caducifogli puri	147
302	Querceti caducifogli con latifoglie sempreverdi	148
303	Querceti caducifogli con copertura < 50% su formazione erbacea	4
401	Tassete pure e miste	1
501	Castagneti puri	3
1101	Formazioni miste di corbezzolo, erica e fillirea, con eventuali specie quercine sub,	2
1102	Formazioni a prevalenza di corbezzolo	1
1103	Formazioni a prevalenza di erica	6
1104	Formazioni a prevalenza di fillirea	8
1202	Formazioni a prevalenza di cisti	1
1205	Formazioni a prevalenza di prugnolo, biancospino, rovo, ecc,	5
1301	Ontaneti	2
1501	Formazioni miste di latifoglie meso-igrofile	1
1601	Formazioni a prevalenza di ginestre	10
1602	Formazioni a prevalenza di elicriso	1
1606	Formazioni rupestri	1
1701	Praterie perenni a prevalenza di asfodelo	53
1702	Praterie perenni a brachipodio, stipa, ecc,	7
1801	Praterie annuali naturali a terofite/geofite	2
2103	Formazioni boscate a prevalenza di Pino marittimo	1
2104	Formazioni boscate di conifere mediterranee miste	1

2202	Formazioni boscate a prevalenza di Cedro dell'Atlante	24
2203	Altre formazioni boscate di conifere esotiche	24
2401	Formazioni boscate a prevalenza di leccio (con conifera tansitoria)	5
2403	Formazioni boscate a prevalenza di roverella (con conifera transitoria)	5
2404	Formazioni boscate di latifoglie autoctone sempreverdi e/o caducifoglie (con conifera transitoria)	5
2502	Formazioni boscate con altre specie non autoctone ed esotiche	3
2803	Piantagione di ciliegio e/o noce	1
2804	Piantagione di altre specie autoctone	1
3501	Aree edificate e antropizzate in ambiti rurali	10
3700	Viali parafuoco	83
Totale Sottoparticelle Forestali (SF) classificate		**1004**

Si riporta la distribuzione delle sottocategorie forestali all'interno delle tre sezioni del complesso. La legenda dove viene indicata la corrispondenza tra la sottocategoria forestale ed il tematismo delle figure viene riportata in seguito. Il tematismo scelto per evidenziare le sottoparticelle forestali è il medesimo per ciascuna rappresentazione di seguito riportata.

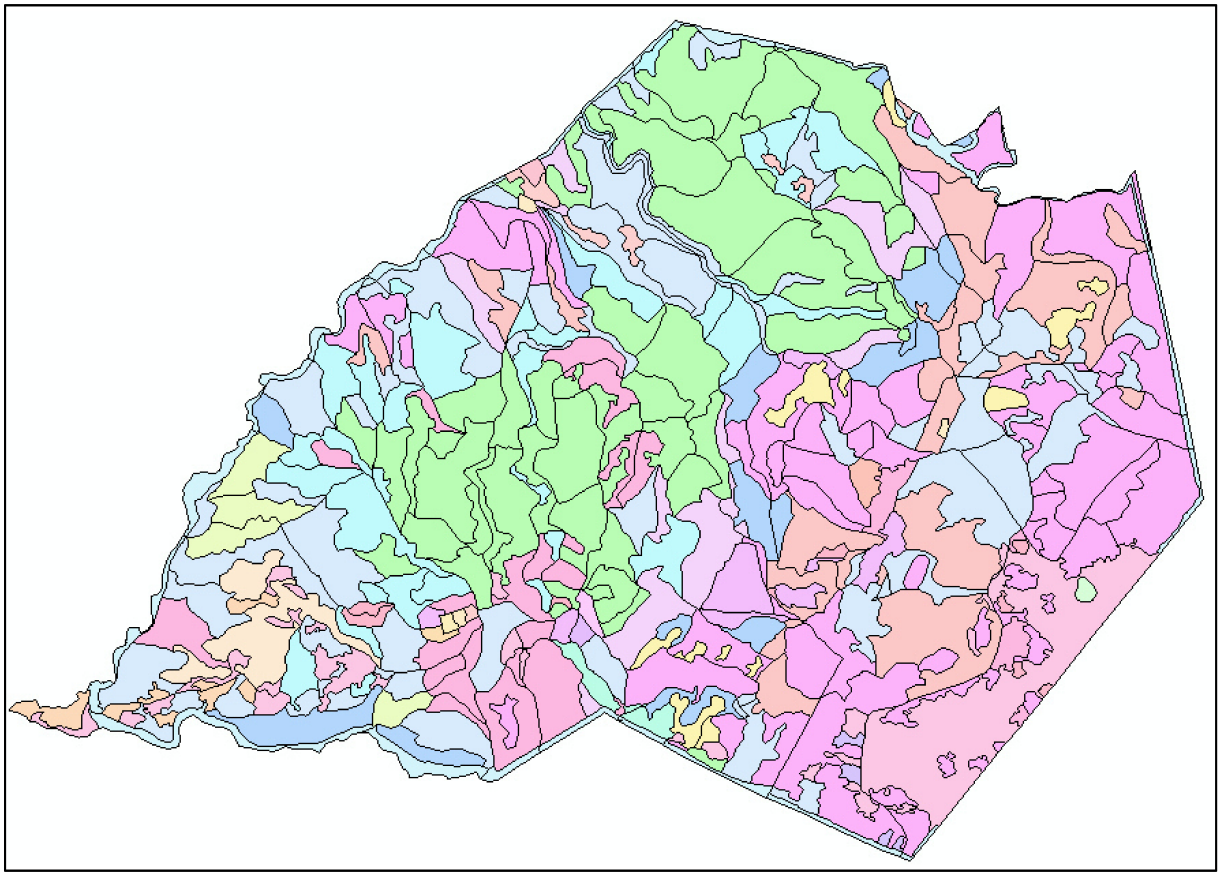


Figura 23 – Classificazione sottoparticelle forestali in base alla differente tipologia di sottocategoria forestale nella foresta di Fiorentini (Rappresentazione non in scala). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Figura 24 – Classificazione sottoparticelle forestali in base alla differente tipologia di sottocategoria forestale nelle foreste di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Dall'analisi della distribuzione spaziale delle sottocategorie forestali all'interno dell'area si possono sottolineare i seguenti aspetti:

- Le sottocategorie forestali che interessano il maggior numero di sottoparticelle forestali dell'intero territorio sono quelle della famiglia delle "Leccete" e delle "Quercete caducifoglie", mentre numerose altre sottocategorie forestali sono presenti in meno di dieci sottoparticelle forestali ciascuna;
- Nell'area centrale della foresta di Fiorentini sono presenti la maggior parte delle sottoparticelle forestali adibite a sugherete, mentre sono poco rappresentate nelle rimanenti foreste;
- Nelle sottocategorie forestali sono state inserite anche due voci che non sono costituite da alberi, ovvero i "Viali parafuoco", importante sistema di difesa per evitare la propagazione degli incendi e le "Aree edificate e antropizzate in ambiti rurali";
- Sono esclusi da questa classificazione i bacini d'acqua, presenti nella sezione di Anela.

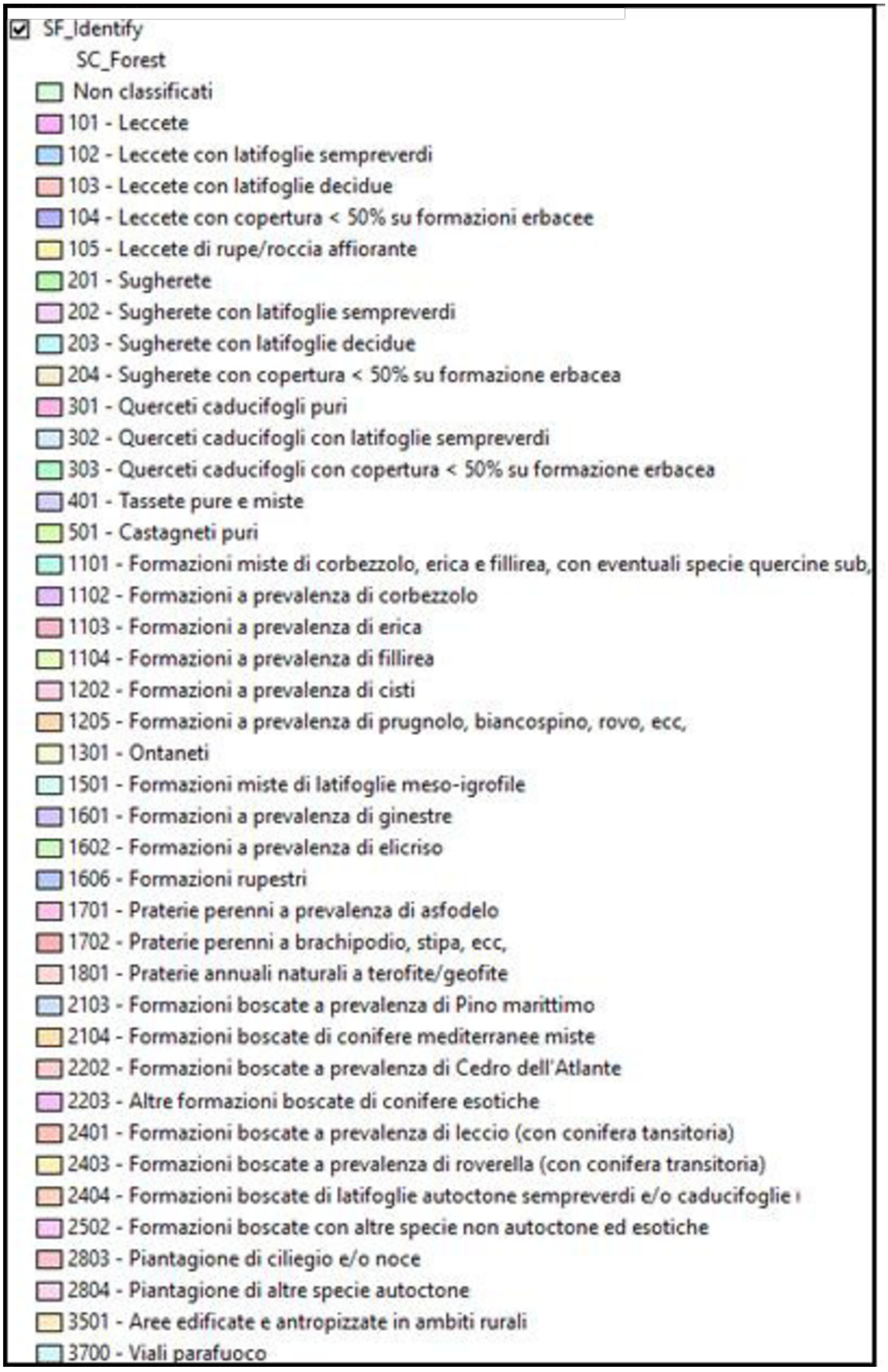


Figura 25 – Legenda delle 40 sottocategorie forestali presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Le 40 sottoparticelle forestali sono a loro volta raggruppate per "famiglie" secondo il tipo fisionomico comune. In particolare, sono stati individuati i seguenti dieci tipi fisionomici:

- 1, Superfici artificiali;
- 3,1,1, Boschi di latifoglie;
- 3,1,2, Boschi di conifere;
- 3,1,3, Boschi misti di conifere e latifoglie;
- 3,1,3,1, Boschi misti a prevalenza di latifoglie;
- 3,2,1, Aree a pascolo naturale e praterie;
- 3,2,2 Brughiere e cespuglieti;
- 3,3,2, Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti;
- 3,3,3, Aree con vegetazione rada;
- 5,1,2, Bacini d'acqua.

All'interno di ciascuna sottoparticella forestale sono presenti differenti specie di piante. In tutta l'area di interesse sono presenti 39 differenti tipologie forestali. Durante il rilievo in situ eseguito dai tecnici della Regione Sardegna per ciascuna sottoparticella forestale sono state registrate al massimo quattro specie differenti, indicandone anche la percentuale di copertura di ciascuna specie. Nella tabella seguente viene proposta una rappresentazione sintetica delle caratteristiche di ciascuna specie presente quali un'immagine indicativa, la classificazione scientifica, l'origine e le dimensioni fisiche ed infine i principali usi e impieghi.

Si precisa inoltre che, seppure presenti e molto dettagliati, non sono stati analizzati i dati relativi alla copertura arborea, arbustiva ed erbacea, nonché i dati inerenti al pascolamento del bestiame e neppure le informazioni riguardanti la stima dei danni presenti, gli interventi attivi di gestione e manutenzione e la programmata rinnovazione. Si è ritenuto infatti che tutti questi parametri non fossero particolarmente significativi ed influenti sulle valutazioni monetarie oggetto del presente elaborato.

Tabella 11 – Descrizione delle 40 specie arboree e arbustive presenti nelle foreste in oggetto. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Immagine	Pianta [-]	Nome scientifico [-]	Origine e caratteristiche [-]	Principali impieghi [-]
	Abete Greco	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Abies cephalonica	▪ Origine: Grecia e isole ▪ Chioma: conica e irregolare ▪ Altezza: 20-30 m	▪ Uso ornamentale ▪ Rimboschimenti zone siccitose
	Acero Campestre	▪ Latifoglie ▪ Aceraceae ▪ Acer campestre	▪ Origine: Italia, presente < 1000 m slm ▪ Chioma: densa ed espansa ▪ Altezza: 20 m ca	▪ Uso ornamentale in parchi e giardini ▪ Produzione legname pregiato

	Acero Montano	▪ Latifoglie ▪ Aceraceae ▪ Acer pseudoplatanus	▪ Origine: molto diffusa in Italia ▪ Chioma: raggiunge i 10 m di diametro ▪ Altezza: 30 m	▪ Legname da ardere ▪ Legname pregiato per mobili e falegnameria
	Acero Riccio	▪ Latifoglie ▪ Aceraceae ▪ Acer platanoides	▪ Origine: Europa ▪ Chioma: densa ed espansa ▪ Altezza: inferiore ai 20 m	▪ Uso ornamentale, elevate resistenze allo smog ▪ Legname
	Acero Trilobo	▪ Latifoglie ▪ Aceraceae ▪ Acer monspessulanum	▪ Origine: molto presente in Sardegna ▪ Chioma: folta e arrotondata ▪ Altezza: 10 m	▪ Uso ornamentale in parchi e giardini ▪ Legna da ardere, alto potere calorico
	Agrifoglio	▪ Latifoglie ▪ Aquifoliaceae ▪ Ilex aquifolium	▪ Origine: Europa e Mediterraneo ▪ Chioma: densa e piramidale ▪ Altezza: fino a 10 m	▪ Legname usato in ebanisteria e produzione di sculture
	Biancospino	▪ Latifoglie ▪ Rosaceae ▪ Crataegus monogyna	▪ Origine: presente nelle macchie ▪ Chioma: regolare con crescita lenta ▪ Altezza: fino a 10 m	▪ Uso alimentare dei frutti
	Castagno	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Castanea sativa	▪ Origine: Europa Meridionale ▪ Chioma: conico piramidale ▪ Altezza: 25 m	▪ Uso alimentare dei frutti ▪ Legname utilizzato per pali di sostegno

	Cedro Atlante	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Cedrus atlantica	▪ Origine: Africa settentrionale ▪ Chioma: eretta ▪ Altezza: 45 m	▪ Uso ornamentale in parchi ▪ Legname utilizzato in edilizia, sculture
	Cedro Deodara	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Cedrus deodara	▪ Origine: Himalaya ▪ Chioma: eretta ▪ Altezza: 60 m	▪ Uso ornamentale in parchi e giardini
	Cedro Libano	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Cedrus libani	▪ Origine: Anatolia e Libano ▪ Chioma: conica ▪ Altezza: 40 m	▪ Uso ornamentale in parchi e giardini ▪ Legname utilizzato in edilizia, sculture
	Ciliegio	▪ Latifoglie ▪ Rosaceae ▪ Prunus avium	▪ Origine: Europa ▪ Chioma: regolare ▪ Altezza: 15 – 30 m	▪ Uso alimentare dei frutti ▪ Uso ornamentale ▪ Produzione legname
	Cipresso Arizonica	▪ Conifere ▪ Cupressaceae ▪ Cupressus arizonica	▪ Origine: Arizona e Messico ▪ Chioma: conico – piramidale ▪ Altezza: 10 – 20 m	▪ Uso ornamentale in parchi e giardini
	Cipresso Comune	▪ Conifere ▪ Cupressaceae ▪ Cupressus sempervirens	▪ Origine: Turchia - Mediterraneo ▪ Chioma: compatta e colonnale ▪ Altezza: fino a 30 m	▪ Produzione di legname per realizzazione di mobili ed ebanisteria

	Cipresso Macrocarpa	▪ Conifere ▪ Cupressaceae ▪ Cupressus macrocarpa	▪ Origine: California ▪ Chioma: ampia di forma colonnale-conica ▪ Altezza: 15 m	▪ Uso ornamentale per parchi e giardini
	Conifere esotiche	▪ Conifere ▪ Varie ▪ Varie		
	Corbezzolo	▪ Latifoglie ▪ Ericaceae ▪ Arbutus unedo	▪ Origine: Mediterraneo ▪ Chioma: ramificata ▪ Altezza: 10 m	▪ Uso alimentare dei frutti ▪ Uso ornamentale ▪ Rapido accrescimento
	Douglasia	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Pseudotsuga menziesii	▪ Origine: America ▪ Chioma: irregolare ▪ Altezza: 100 m	▪ Rapido accrescimento, rimboschimenti ▪ Produzione di legname da costruzione
	Faggio	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Fagus sylvatica	▪ Origine: Europea ▪ Chioma: folta e ampia ▪ Altezza: 20 – 30 m	▪ Legname da ardere ▪ Legname da costruzione
	Fillirea	▪ Latifoglie ▪ Oleaceae ▪ Phillyrea latifoglia	▪ Origine: Mediterrane ▪ Chioma: irregolare ▪ Altezza: 6 – 7 m	▪ Arbusti caratterizzanti la macchia Mediterranea
	Frassino ossifillo	▪ Latifoglie ▪ Oleaceae ▪ Fraxinus angustifolia	▪ Origine: Italia ▪ Chioma: irregolare ▪ Altezza: 25 m	▪ Produzione di manna in Sicilia ▪ Uso ornamentale in parchi e giardini

	Leccio	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Quercus ilex	▪ Origine: Mediterraneo ▪ Chioma: sempreverde e ampia ▪ Altezza: 30 m	▪ Pianta forestale ▪ Uso ornamentale per strade e parchi
	Nocciolo	▪ Latifoglie ▪ Betulaceae ▪ Corylus avellana	▪ Origine: Asia ▪ Chioma: fitta ▪ Altezza: 6 m	▪ Uso alimentare dei frutti ▪ Micorrizzazione con i tartufi bianchi e neri
	Noce	▪ Latifoglie ▪ Junglandaceae ▪ Juglans regia	▪ Origine: Asia ▪ Chioma: regolare ▪ Altezza: 20 m	▪ Uso alimentare frutti ▪ Uso ornamentale per parchi e giardini
	Olmo campestre	▪ Latifoglie ▪ Ulmaceae ▪ Ulmus minor	▪ Origine: Europa meridionale ▪ Chioma: leggera ed elegante ▪ Altezza: 30 m	▪ Uso ornamentale ▪ Produzione di legname per mobili, porte, compensato
	Ontano nero	▪ Latifoglie ▪ Betulaceae ▪ Alnus glutinosa	▪ Origine: Europa ▪ Chioma: piramidale molto densa ▪ Altezza: 30 m	▪ Produzione di legname per paleria ▪ Legname da ardere
	Pero selvatico	▪ Latifoglie ▪ Rosaceae ▪ Pyrus pyraster	▪ Origine: Europa ▪ Chioma: espansa e verticale ▪ Altezza: 20 m	▪ Uso alimentare dei frutti ▪ Produzione di legname per ebanisteria

	Pino d'aleppo	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Pinus halepensis	▪ Origine: Mediterraneo ▪ Chioma: irregolare ▪ Altezza: 40 m	▪ Uso ornamentale in parchi, strade e giardini
	Pino marittimo	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Pinus pinaster	▪ Origine: Mediterraneo ▪ Chioma: irregolare a cupola ▪ Altezza: 35 m	▪ Consolidamento litorali sabbiosi
	Pino nero	▪ Conifere ▪ Pinaceae ▪ Pinus nigra	▪ Origine: Europa – Asia ▪ Chioma: piramidale ▪ Altezza: 40 m	▪ Rimboschimenti ▪ Protezione idrogeologica rapida per terreni esposti
	Pioppo bianco	▪ Latifoglie ▪ Salicaceae ▪ Populus alba	▪ Origine: Europa – Asia – Africa ▪ Chioma: arrotondata ▪ Altezza: 35 m	▪ Utilizzo nell'industria cartaria ▪ Uso ornamentale in città
	Pioppo nero	▪ Latifoglie ▪ Salicaceae ▪ Populus nigra	▪ Origine: Europa – Asia – Africa ▪ Chioma: arrotondata ▪ Altezza: 30 m	▪ Uso ornamentale per viali ▪ Legname per produzione di carbone
	Pioppo tremolo	▪ Latifoglie ▪ Salicaceae ▪ Populus tremula	▪ Origine: Europa – Siberia ▪ Chioma: regolare e allungata ▪ Altezza: 20 m	▪ Riforestazione pendii ▪ Industria della carta ▪ Uso ornamentale

	Quercia rossa	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Quercus rubra	▪ Origine: Nord America ▪ Chioma: regolare ▪ Altezza: 25 m	▪ Utilizzo come specie forestale ▪ Uso ornamentale in parchi e giardini
	Rovere	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Quercus petraea	▪ Origine: Europa ▪ Chioma: grandi dimensioni ▪ Altezza: 20 m	▪ Legname per produzione di mobili e pavimentazioni
	Roverella	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Quercus pubescens	▪ Origine: Italia ▪ Chioma: ampia, rada e irregolare ▪ Altezza: 20 m	▪ Produzione di legname da ardere ▪ Produzione di legname da costruzione
	Salice	▪ Latifoglie ▪ Salicaceae ▪ Salix sp	▪ Origine: Europa, Asia e Nord America ▪ Chioma: fitta ▪ Altezza: 20 m	▪ Uso ornamentale in parchi e giardini
	Sughera	▪ Latifoglie ▪ Fagaceae ▪ Quercus suber	▪ Origine: Europa ▪ Chioma: lassa ed espansa ▪ Altezza: 20 m	▪ Produzione di sughero per uso in edilizia e tappi di bottiglia
	Tasso	▪ Conifere ▪ Taxaceae ▪ Taxus baccata	▪ Origine: Eurasia e Nord Africa ▪ Chioma: piramidale ▪ Altezza: 20 m	▪ Uso ornamentale per parchi ▪ Produzione di legno per scultura

3.5.1. Stima del numero di piante presenti per ciascuna specie

Si vuole ora stimare in modo approssimativo il numero di piante di ciascuna specie presenti in ogni sottoparticella forestale, in quanto questi dati saranno necessari per poter completare le valutazioni economiche descritte nei successivi capitoli.

Per la determinazione di tali valori sono utili i seguenti dati raccolti dai tecnici che furono incaricati dei rilievi nel 2017, relativi alla composizione specifica di ciascuna sottoparticella. Nella tabella successiva viene riportato un estratto di tali dati. Per completezza, nell'"Allegato 1: Specie forestali presenti in ciascuna SF"[10], sono indicati i valori descrittivi della composizione di ciascuna sottoparticella forestale.

Tabella 12 – Descrizione della composizione specifica delle specie presenti in ciascuna sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Registro Particellare" – PFP Regione Sardegna].

Id SF [-]	C. Cop [%]	1ª Specie [-]	% Cop 1ª [-]	2ª Specie [-]	% Cop 2ª [-]	3ª Specie [-]	% Cop 3ª [-]	4ª Specie [-]	% Cop 4ª [-]	Numero piante [1/Ha]
382	90%	Leccio	50÷80	Roverella	20÷50	-	-	-	-	5000÷10000
383	90%	Leccio	>80%	Roverella	<20%	-	-	-	-	3000÷5000
385	95%	Leccio	>80%	Roverella	<20%	Agrifoglio	<20%	-	-	1000÷2000
493	95%	Leccio	>80%	Roverella	<20%	-	-	-	-	2000÷3000
494	80%	Leccio	>80%	Roverella	<20%	-	-	-	-	1000÷2000

Come si può osservare, per ciascuna sottoparticella forestale, viene indicato un coefficiente di copertura generale di tutte le specie presenti riferito alla superficie netta della sottoparticella stessa, le specie presenti ed un relativo range di copertura delle stesse, espresso in percentuale. Infine, viene riportato un intervallo con il valore del numero di piante presente per ettaro in ciascuna sottoparticella.

Un primo passaggio effettuato per la determinazione del numero di piante di ciascuna specie presente è stato quello di determinare dei valori medi sia per la copertura delle varie specie che per il valore del numero di piante per ettaro.

Nel primo caso analizzando la composizione di ciascuna sottoparticella forestale è stato attribuito il valore di percentuale inferiore per le specie meno presenti, mentre alla specie più rappresentativa è stato attribuito un valore di percentuale necessario per raggiungere il 100% di copertura. Questo processo è stato eseguito singolarmente per ciascuna sottoparticella, in quanto, a seconda della composizione specifica, non è stato possibile attribuire a priori un valore di copertura uguale per ciascuna classe di range presente.

Nel secondo caso invece, per quanto riguarda il numero di piante presenti per ettaro, è stato attribuito un valore medio per ciascuna classe di valori presente, ottenuto dalla media tra il livello inferiore e quello superiore di ciascuna classe.

A titolo di esempio, nella tabella a pagina seguente si riporta il risultato dell'operazione di semplificazione relativa ai coefficienti di copertura ed al numero di piante complessive presenti. Tale operazione è stata necessaria per poter successivamente determinare in modo univoco il numero di piante di ciascuna specie presente in ogni sottoparticella forestale.

[10] Allegato 1: https://tinyurl.com/SEF-All-1

Tabella 13 – Descrizione della composizione specifica delle specie presenti in ciascuna sottoparticella forestale, a seguito dell'approssimazione. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Registro Particellare" – PFP Regione Sardegna].

Id SF [-]	C. Cop [%]	1ª Specie [-]	% Cop 1ª [-]	2ª Specie [-]	% Cop 2ª [-]	3ª Specie [-]	% Cop 3ª [-]	4ª Specie [-]	% Cop 4ª [%]	Numero piante [1/Ha]
382	90%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	-	-	-	7500
383	90%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	-	-	-	4000
385	95%	Leccio	70%	Roverella	10%	Agrifoglio	10%	-	-	1500
493	95%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	-	-	-	2500
494	80%	Leccio	90%	Roverella	10%	-	-	-	-	1500

Si riporta ora la rappresentazione delle classi del numero di piante per ettaro riferite a ciascuna sottoparticella forestale presente. Interrogando il modello GIS realizzato è possibile in modo speditivo, oltre che a realizzare la tematizzazione di ciascuna sottoparticella forestale, determinare il numero complessivo di sottoparticelle forestali appartenenti a ciascuna classe di consistenza, come si può osservare nella tabella seguente.

Tabella 14 – Conteggio delle sottoparticelle forestali appartenenti a ciascuna classe di numero di piante presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Classe numero di piante [-]	Valore medio utilizzato [-]	Numero SF presenti [-]
0	0	184
150 – 300	225	11
300 – 600	450	64
600 – 1000	800	175
1000 – 2000	1500	333
2000 – 3000	2500	145
3000 – 5000	4000	61
5000 – 10000	7500	23
> 10000	11000	8
Totale sottoparticelle forestali classificate (SF)		**1004**

La rappresentazione grafica e spaziale della distribuzione della classe del numero di piante per ettaro per ciascuna sottoparticella forestale è riportata nelle figure a pagina seguente.

Osservando i dati ottenuti si possono effettuare le seguenti valutazioni:

- La classe del numero di piante più diffusa è quella relativa ad un valore compreso tra 1000÷2000, seguita dai valori di 600÷1000 e 2000÷3000;
- Ad un numero importante di sottoparticelle forestali è stato attribuito il valore di 0 piante per ettaro; da un'analisi più approfondita di queste particelle si è riscontrato che appartengono tutte alle seguenti sottocategorie forestali, ove non sono effettivamente presenti alberi ma solo aree edificate, bacini d'acqua, rocce e praterie:
  - 1103 – Formazione a prevalenza di erica;
  - 1202 – Formazione a prevalenza di cisti;
  - 1205 – Formazione a prevalenza di prugnolo, biancospino, rovo, ecc;
  - 1601 – Formazione a prevalenza di ginestre;
  - 1602 – Formazioni a prevalenza di elicriso;
  - 1606 – Formazioni rupestri;

- 1701 – Praterie perenni a prevalenza di asfodelo;
- 1702 – Praterie perenni a brachipodio, stipa, ecc;
- 1801 – Praterie annuali naturali a terofite o geofite;
- 3501 – Aree edificate e antropizzate in ambiti rurali;
- 3700 – Viali Parafuoco;
- Bacini d'acqua;

- Le altre classi di numero di piante rimaste sono presenti in un numero molto limitato di sottoparticelle forestali.

Come anticipato in precedenza, si riporta la tematizzazione dell'area in oggetto relativa al numero di piante presente per ciascuna sottoparticella forestale. Sono stati indicati i valori di range definiti come dati di partenza; tuttavia per quanto riguarda i valori approssimati dal valore medio la classificazione risulta essere la medesima riportata, in quanto si ha una corrispondenza biunivoca tra il valore reale ed il valore medio approssimato.

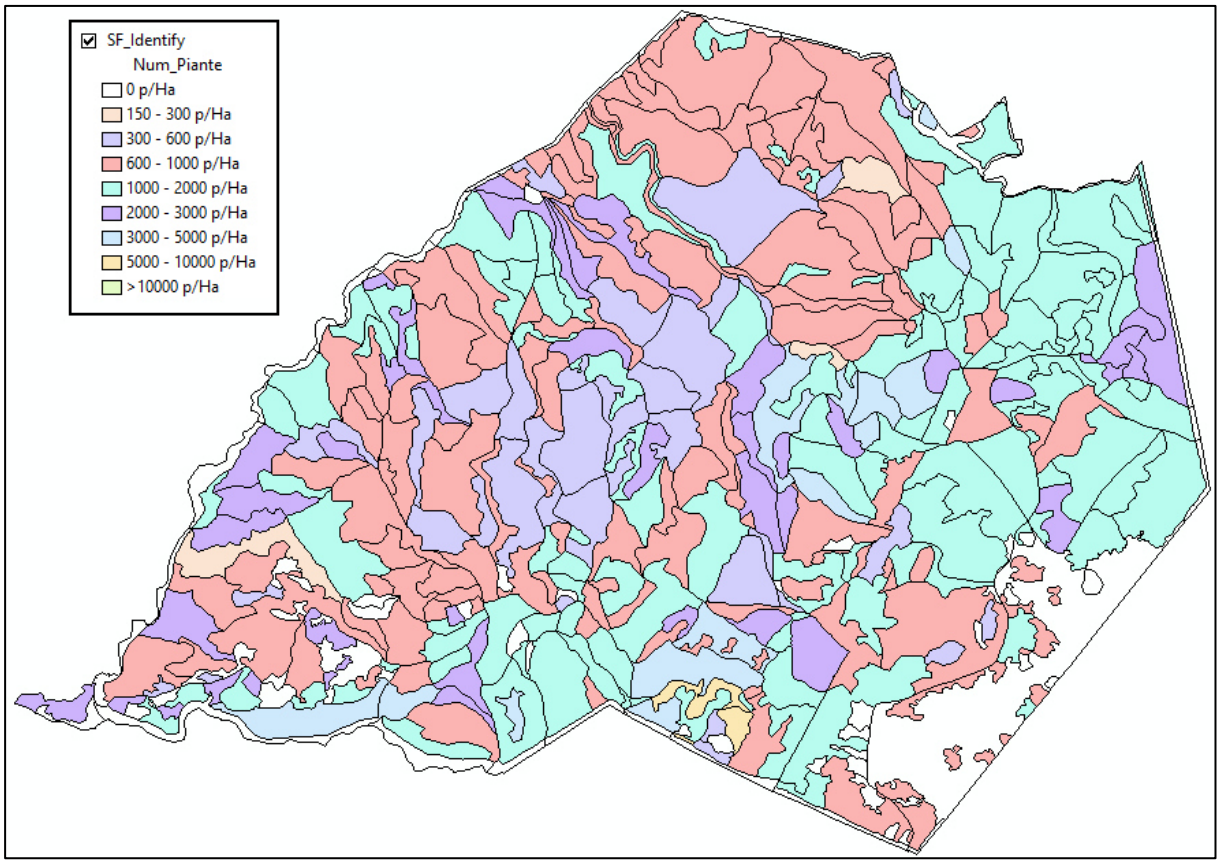


Figura 26 – Classificazione delle sottoparticelle forestali presenti nella foresta di Fiorentini in base all'attributo "Numero di piante per ettaro" (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: piante/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

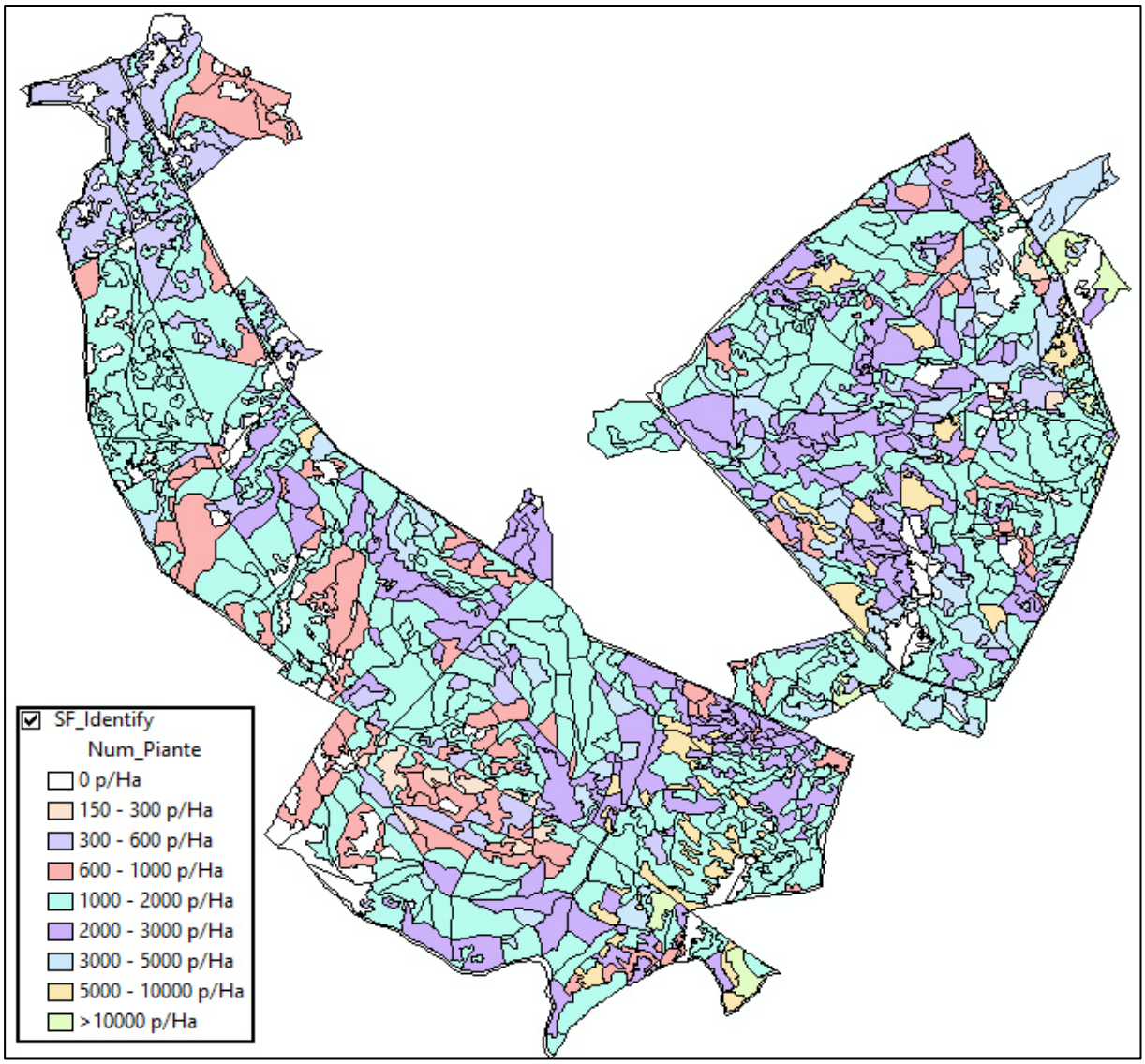


Figura 27 – Classificazione delle sottoparticelle forestali presenti nelle foreste di Anela e Monte Pisanu in base all'attributo "Numero di piante per ettaro". (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: piante/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Per la determinazione del numero di piante di ciascuna specie è quindi sufficiente ripartire il numero di piante medio per ettaro tra le varie specie presenti nelle varie sottoparticelle forestali, seguendo la seguente relazione:

$$N°\ Specie_{i,j} = N°\ Piante\ SF_j \cdot \left(Cc_j \cdot SUP\ netta_j\right) \cdot Cs_{i,j}$$

Dove:

- $N°\ Specie_{i,j}$: rappresenta il numero di piante della specie i-esima presente nella j-esima sottoparticella forestale $[-]$;
- $N°\ Piante\ SF_j$: rappresenta il numero medio di piante presenti nelle j-esimie sottoparticelle forestali per ettaro di superficie. $[\frac{1}{Ha}]$;
- Cc_j : coefficiente di copertura della j-esima sottoparticella. Rappresenta la percentuale della superficie netta in cui sono presenti le piante $[\%]$;
- $SUP\ netta_j$: superficie netta della sottoparticella forestale j-esima ottenuta sottraendo dalla superficie totale le aree destinate al sedime stradale e altri elementi $[Ha]$;

- $Cc_j \cdot SUP\ netta_j$: tale prodotto indica la superficie reale dove effettivamente sono presenti le varie specie di alberi $[Ha]$;
- $Cs_{i,j}$: coefficiente di copertura specie. Rappresenta la percentuale di copertura della i-esima specie forestale contenuta nella j-esima sottoparticella forestale. Per ciascuna sottoparticella ove sono presenti piante la somma di questi coefficienti è pari all'unità $[\%]$.

Nell'estratto sotto riportato si può osservare un esempio dei risultati ottenuti per alcune sottoparticelle forestali. Si rimanda all'"Allegato 2: Numero piante per specie forestale presenti in ciascuna SF"[11] per la consultazione completa dei risultati ottenuti per ciascuna sottoparticella forestale.

Tabella 15 – Estratto foglio di calcolo relativo alla determinazione del numero di piante di ciascuna specie forestale presente in ogni sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Superficie Netta [Ha]	C. Cop [%]	1ª Specie [-]	% Cop 1ª [%]	N° piante 1ª Specie	2ª Specie [%]	% Cop 2ª [%]	N° piante 2ª Specie
382	2,45027	90	Leccio	90	14.885	Roverella	10	1.654
383	1,691243	90	Leccio	90	5.480	Roverella	10	609
385	10,269649	95	Leccio	70	11.707	Roverella	10	1.463
493	5,088267	95	Leccio	90	10.876	Roverella	10	1.208
494	3,746337	80	Leccio	90	4.046	Roverella	10	450

3ª Specie [-]	% Cop 3ª [%]	N° piante 3ª Specie	4ª Specie [-]	% Cop 4ª [%]	N° piante 4ª Specie	Numero piante SF [1/Ha]
-	-	-	-	-	-	7500
-	-	-	-	-	-	4000
Agrifoglio	10	1.463	-	-	-	1500
-	-	-	-	-	-	2500
-	-	-	-	-	-	1500

Dopo aver eseguito il calcolo delle specie presenti in tutte le sottoparticelle forestale, i valori ottenuti sono stati sinteticamente raggruppati per tipologie di pianta e per Unità Gestionale di Base, in modo da avere a disposizione un quadro riassuntivo.

Sono state conteggiate oltre 6,3 milioni di piante e la loro suddivisione all'interno delle sezioni forestali è la seguente:

- 24,7 % pari a circa 1,5 milioni nella sezione Fiorentini;
- 33,4 % pari a oltre 2 milioni di esemplari nella sezione Anela;
- 41,9 % pari a oltre 2,6 milioni di piante nella sezione Monte Pisanu.

Inoltre, è stata valutata l'incidenza della presenza di ciascuna specie sul totale complessivo del numero di piante. Come si vede dai dati riportati nella tabella successiva, le tre specie presenti in maggior numero sull'intero territorio sono, nell'ordine, Leccio (45,9%), Roverella (39,3%) e Sughera (5,8%). Seppure presente nell'ordine del 5%, la coltivazione della Sughera è molto importante in quanto in Sardegna è concentrato oltre l'80% della produzione di sughero italiano. Per tutte le altre specie i valori di presenza sono molto limitati ad eccezione soltanto dell'Agrifoglio e Fillirea che raggiungono una percentuale intorno al 2,5% del totale.

[11] Allegato 2: https://tinyurl.com/SEF-All-2

Tabella 16 – Stima del numero di ciascuna specie presente, suddivise per UGB. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Specie [-]	Fiorentini [-]	Anela [-]	Monte Pisanu [-]	Totale [-]	Incidenza % [-]
Abete Greco	0	505	0	505	0,008%
Acero Campestre	0	0	512	512	0,008%
Acero Montano	635	480	174	1.289	0,020%
Acero Riccio	0	0	557	557	0,009%
Acero Trilobo	0	1.546	38.922	40.468	0,638%
Agrifoglio	14.232	113.379	33.268	160.879	2,535%
Biancospino	0	89	0	89	0,001%
Castagno	3.246	2.675	6.202	12.123	0,191%
Cedro Atlante	4.936	15.504	51.741	72.181	1,137%
Cedro Deodara	0	1.685	0	1.685	0,027%
Cedro Libano	0	0	264	264	0,004%
Ciliegio	296	0	0	296	0,005%
Cipresso Arizonica	1.490	0	2.211	3.701	0,058%
Cipresso Comune	1.287	0	169	1.456	0,023%
Cipresso M.	170	0	0	170	0,003%
Conifere esotiche	0	0	427	427	0,007%
Corbezzolo	33.240	0	0	33.240	0,524%
Douglasia	0	1.946	0	1.946	0,031%
Faggio	42	1.439	0	1.481	0,023%
Fillirea	61.269	50.804	41.820	153.893	2,425%
Frassino ossifillo	63	0	0	63	0,001%
Leccio	**715.938**	**1.413.609**	**785.069**	**2.914.616**	**45,919%**
Nocciolo	0	0	263	263	0,004%
Noce	598	0	0	598	0,009%
Olmo campestre	105	0	0	105	0,002%
Ontano nero	0	2.178	0	2.178	0,034%
Pero selvatico	9.363	2.109	1.503	12.975	0,204%
Pino d'aleppo	0	0	160	160	0,003%
Pino marittimo	303	0	781	1.084	0,017%
Pino nero	17.794	16.455	29.597	63.846	1,006%
Pioppo bianco	0	175	0	175	0,003%
Pioppo nero	0	0	1.056	1.056	0,017%
Pioppo tremolo	592	0	0	592	0,009%
Quercia rossa	650	0	0	650	0,010%
Rovere	0	963	0	963	0,015%
Roverella	**418.518**	**489.903**	**1.585.942**	**2.494.363**	**39,298%**
Salice	31	0	0	31	0,000%
Sughera	**281.001**	**4.727**	**79.637**	**365.365**	**5,756%**
Tasso	34	0	981	1.015	0,016%
Totale	**1.565.833**	**2.120.171**	**2.661.256**	**6.347.260**	**100,000%**
Suddivisione	24,7%	33,4%	41,9%	100,0%	

CAPITOLO 4.
LA STIMA DEI SEF PER LE FORESTE DI FIORENTINI, ANELA E MONTE PISANU

In questo capitolo viene riportata la determinazione del valore economico (VE) e del valore economico totale (VET) dei servizi ecosistemici forestali, come indicato nel capitolo 2. Essendo i ricavi determinati nel VE una componente del VET, si procede inizialmente alla valutazione di questa parte.

4.1. Il Valore economico (VE)

4.1.1. Confronto tra i metodi di valutazione della quantità di approvvigionamenti

La prima operazione per calcolare il valore economico è quella di determinare la quantità di materiale prodotto di cui verrà successivamente ipotizzata la vendita. Prima di procedere alla determinazione degli assortimenti vendibili presenti in ciascuna sottoparticella forestale, si effettua un'analisi dei tre metodi di stima visti in precedenza (tavole di cubatura a singola entrata, tavole di cubatura a doppia entrata e classe di provvigione) applicati a tre specifiche sottoparticelle forestali opportunamente individuate in base alla presenza di varie specie di alberi e non in base alla distribuzione geografica delle stesse. La descrizione delle particelle selezionate per il confronto è riportata nelle tabelle seguenti.

Tabella 17 – Individuazione delle sottoparticelle oggetto di analisi. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	UGB [-]	Sez [-]	PF [-]	SF [-]	Codice Comune [-]	Comune [-]	Foglio catastale [-]	Particella catastale [-]
376	Anela	B	43	1	A287	Anela	7	16
740	Anela	B	12	5	A287	Anela	3	12
881	Anela	B	51	3	A287	Anela	7	16

Tabella 18 – Caratteristiche fisiografiche delle sottoparticelle forestali individuate. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF	376	740	881
Superficie netta [Ha]	11,984702	1,771314	2,662129
Coefficiente di copertura [%]	95%	90%	90%
1ª Specie presente [-]	Roverella	Leccio	Roverella
Piante 1ª specie [-]	13.663	2.391	2.156
2ª Specie presente [-]	Agrifoglio	-	Leccio
Piante 2ª specie [-]	1.708	-	719
3ª Specie presente [-]	Leccio	-	Agrifoglio
Piante 3ª specie [-]	1.708	-	719
4ª Specie presente [-]	-	-	-
Piante 4ª specie [-]	-	-	-
Altezza media [m]	11	7	15
Diametro medio [m]	0,2	0,18	0,28
Classe di provvigione [m^3/Ha]	201÷250	101÷150	251÷300

4.1.1.1. Tavole di cubatura a singola entrata

Le tavole di cubatura a singola entrata forniscono il volume di una pianta in funzione soltanto del diametro medio. Questa tipologia di tavole però non sono molto utilizzate nella pratica in quanto le tavole di cubatura a doppia entrata sono ritenute più precise. Per questo motivo non sono presenti nella letteratura scientifica le tavole di cubatura a singola entrata per le numerose specie presenti all'interno dell'area in esame. Non verranno quindi utilizzate per determinare il valore di approvvigionamento delle sottoparticelle forestali.

4.1.1.2. Tavole di cubatura a doppia entrata

Viene ora calcolato il volume di legname prodotto con le tavole di cubatura a doppia entrata. Per ciascuna specie forestale presente, utilizzando la tipologia di tavole di cubatura per "Volume fusto e rami grossi", si ottiene il volume, espresso in m^3, di una pianta in funzione del diametro medio e dell'altezza media. Moltiplicando successivamente i valori ottenuti per il numero di piante presente di ciascuna specie, si ottiene la quantità ritraibile dall'area considerata.

Nella seguente tabella vengono indicati i passaggi salienti per determinare l'approvvigionamento di materiale legnoso presente all'interno delle tre sottoparticelle forestali scelte. Sono state utilizzate le tavole di cubatura a doppia entrata introdotte precedentemente e contenute nel volume "Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane" di Tabacchi.

Tabella 19 – Determinazione degli approvvigionamenti per ciascuna sottoparticella, utilizzando le tavole di cubatura a doppia entrata, in funzione del diametro medio ed altezza media. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF	376	740	881
Altezza media [m]	11	7	15
Diametro medio [m]	0,2	0,18	0,28
1ª Specie presente [-]	Roverella	Leccio	Roverella
Piante 1ª specie [-]	13.663	2.391	2.156
Volume pianta 1ª specie (tavola cubatura, D,h) [m^3/pianta]	0,1921	0,078	0,4155
Volume totale 1ª specie [m^3]	2.624,662	186,498	895,818
2ª Specie presente [-]	Agrifoglio	-	Leccio
Piante 2° specie [-]	1708	-	719
Volume pianta 2ª specie (tavola cubatura, D,h) [m^3/pianta]	0,1618	-	0,3619
Volume totale 2ª specie [m^3]	276,3544	-	260,2061
3ª Specie presente [-]	Leccio	-	Agrifoglio
Piante 3ª specie [-]	1.708	-	719
Volume pianta 3ª specie (tavola cubatura, D,h) [m^3/pianta]	0,1849	-	0,3805
Volume totale 3ª specie [m^3]	315,8092	-	273,5795
Volume totale approvvigionamenti [m^3]	**3.216,826**	**186,498**	**1.429,604**

4.1.1.3. Classe di provvigione

Per ciascuna sottoparticella forestale durante il rilievo eseguito dai tecnici incaricati della redazione del Piano Forestale Particolareggiato, è stata attribuita una classe di provvigione. Tale valore esprime la quantità di legname ritraibile, espressa in m^3 per ettaro di superficie. Moltiplicando la superficie netta per il coefficiente di copertura e per la classe di provvigione indicata si ottengono i m^3 prodotti in totale dalla sottoparticella forestale. Infine, la quantità totale prodotta viene suddivisa, in base al numero di piante delle varie specie (o in alternativa alla percentuale di copertura di ciascuna specie). Questi ultimi due valori sono equivalenti, essendo il numero di piante presenti direttamente proporzionale alla copertura in percentuale e alla superficie netta della sottoparticella forestale.

Nella seguente tabella vengono indicati i passaggi salienti per determinare l'approvvigionamento delle tre sottoparticelle forestali scelte, utilizzando i valori forniti delle classi di provvigione.

Tabella 20 – Determinazione degli approvvigionamenti per ciascuna sottoparticella forestale, utilizzando la classe di provvigione. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF	376	740	881
Superficie netta [Ha]	11,984702	1,771314	2,662129
Coefficiente di copertura [%]	95%	90%	90%
Classe di provvigione [m^3/Ha]	201÷250	101÷150	251÷300
1ª Specie presente [-]	Roverella	Leccio	Roverella
Piante 1ª specie [-]	13.663 (Cop. 80%)	2.391 (Cop. 100%)	2.156 (Cop. 60%)
Volume totale 1ª specie [m^3]	1.830,78÷2.277,10	161,01÷239,13	360,82÷431,26
2ª Specie presente [-]	Agrifoglio (Cop. 10%)	-	Leccio (Cop. 20%)
Piante 2ª specie [-]	1708	-	719
Volume totale 2ª specie [m^3]	228,85÷284,64		120,27÷143,75
3ª Specie presente [-]	Leccio (Cop. 10%)	-	Agrifoglio (Cop. 20%)
Piante 3ª specie [-]	1.708	-	719
Volume totale 3ª specie [m^3]	228,85÷284,64	-	120,27÷143,75
Volume totale approvvigionamenti [m^3]	**2.288,48÷2.846,37**	**161,01÷239,13**	**601,37÷718,77**

Confrontando i risultati ottenuti con entrambi i metodi si osserva che, con il metodo delle tavole di cubatura a doppia entrata, nel caso delle sottoparticelle forestali 376 e 881 si ottengono valori superiori, mentre nel caso della sottoparticella 740 i valori risultano simili. Questo può essere motivato dal fatto che per ogni sottoparticella forestale viene fornito un solo valore di diametro medio ed altezza media da utilizzare per tutte le specie forestali presenti all'interno. In questo modo, il valore di approvvigionamento di alcune specie può risultare sovrastimato.

Considerando quindi il confronto tra le tre sottoparticelle forestali analizzate nel dettaglio e per non sovrastimare il valore di approvvigionamento di ciascuna specie, si sceglie di procedere alla valutazione di tale valore con il metodo delle classi di consistenza. Infatti, per ciascuna sottoparticella forestale sono indicati soltanto il diametro medio e l'altezza media, le quali sono probabilmente riferite soltanto alla specie principale presente. Usando le tavole di cubatura a doppia entrata non sarebbe prudente procedere attribuendo i valori di diametro e altezza delle specie maggiormente rappresentate anche a quelle minori (si pensi alla grande differenza di dimensioni tra una rovere ed un pero selvatico). Inoltre, essendo le classi di consistenza espresse con un intervallo di variazione pari a 50 m^3 (ad esempio 201÷250 m^3), si considera come riferimento il valore medio di ciascuna classe di provvigione.

4.1.2. Determinazione della quantità di approvvigionamenti per ciascuna specie

Per la determinazione della quantità degli approvvigionamenti prodotti da ciascuna specie forestale e sottoparticella forestale verranno quindi utilizzate le classi di provvigione. Interrogando il modello GIS realizzato è possibile in modo speditivo, oltre che a rappresentare la tematizzazione di ciascuna sottoparticella forestale riportata in seguito, determinare il numero complessivo di sottoparticelle forestali appartenenti a ciascuna classe di provvigione, come si può osservare nella tabella seguente.

Tabella 21 – Conteggio delle sottoparticelle forestali appartenenti a ciascuna classe di provvigione presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Classe di provvigione [m^3/Ha]	Valore medio utilizzato [-]	Numero SF presenti [-]	Classe di provvigione [m^3/Ha]	Valore medio utilizzato [-]	Numero SF presenti [-]
0	0	184	301÷350	325	36
1÷50	25	4	351÷400	375	12
51÷100	75	229	401÷450	325	2
101÷150	125	116	501÷550	525	1
151÷200	175	175	551÷600	575	1
201÷250	225	173	901÷950	925	1
251÷300	275	70			
Totale sottoparticelle forestali classificate (SF)				**1004**	

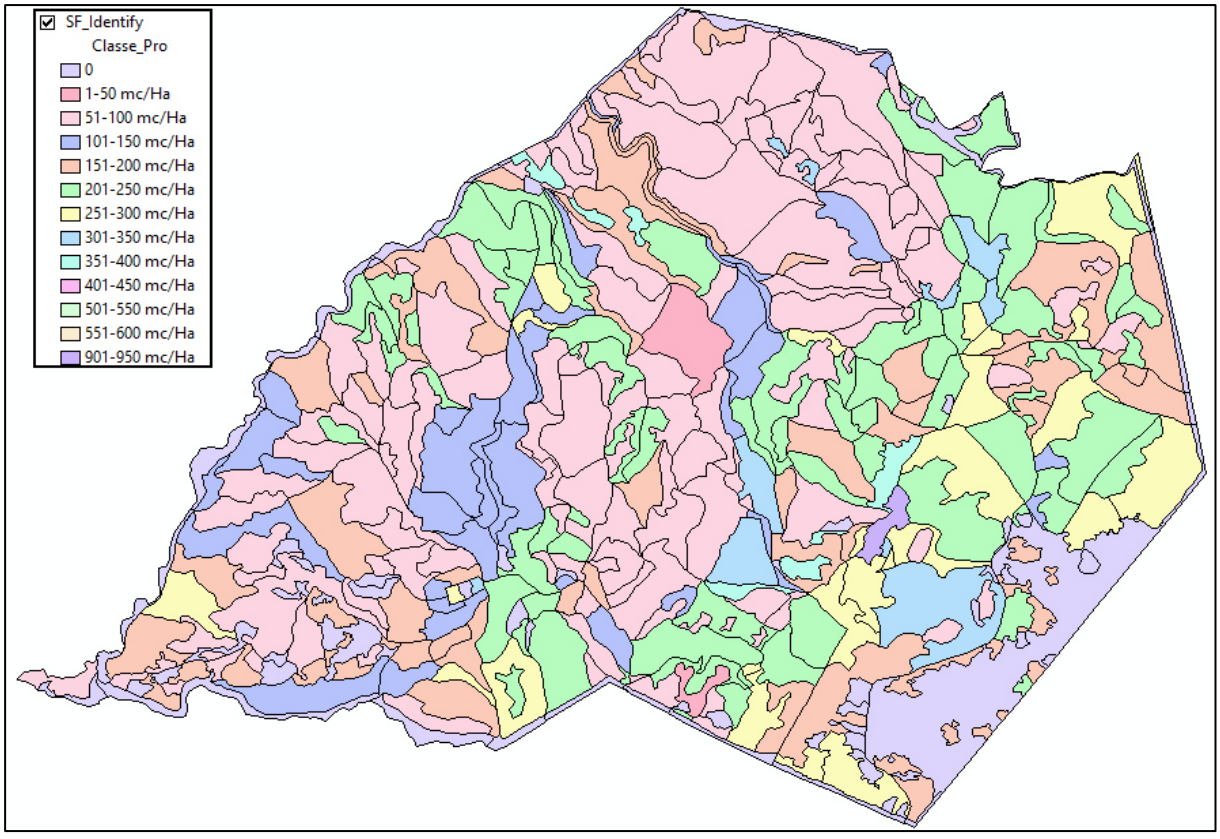


Figura 28 – Classificazione delle sottoparticelle forestali presenti nella foresta di Fiorentini in base all'attributo "Classe di provvigione" (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: m^3/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

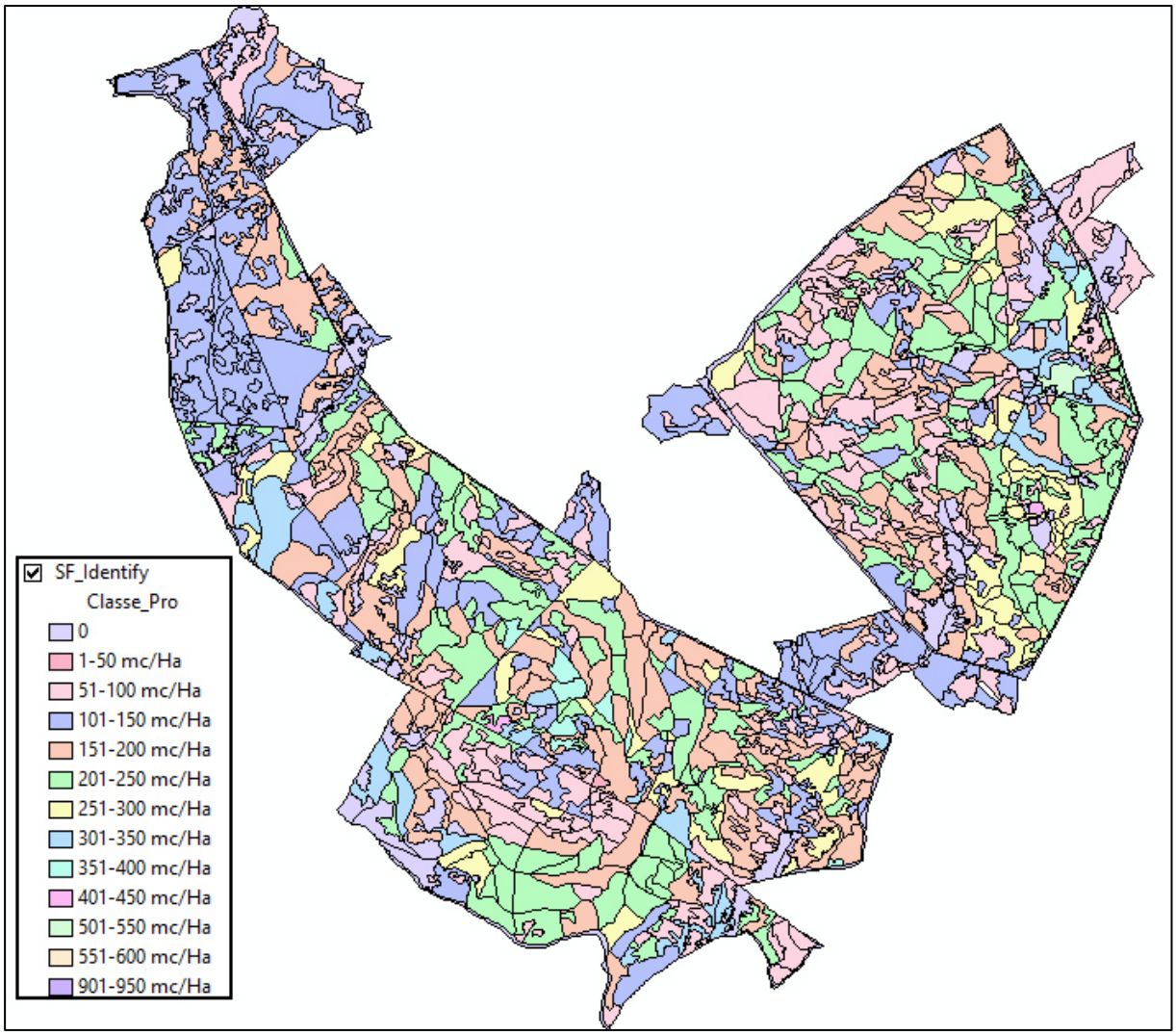


Figura 29 – Classificazione delle sottoparticelle forestali presenti nelle foreste di Anela e Monte Pisanu in base all'attributo "Classe di provvigione". (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: m^3/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Sono stati indicati i valori di classe di provvigione definiti dal Piano Forestale Particolareggiato; tuttavia per quanto riguarda i valori medi utilizzati in seguito, la classificazione risulta essere la medesima riportata, in quanto si ha una corrispondenza biunivoca tra il valore indicato nel Piano Forestale Particolareggiato ed il valore medio approssimato.

Si osserva che la maggior parte delle particelle ha classe di provvigione compresa tra 51÷100 m^3/Ha (229 sottoparticelle forestali), 151÷200 m^3/Ha (175 sottoparticelle forestali), 201÷250 m^3/Ha (173 sottoparticelle forestali). Sono presenti inoltre 184 sottoparticelle forestale con classe di provvigione 0: queste aree sono caratterizzate dalle sottocategorie forestali già indicate in precedenza dove non sono presenti piante. (si veda §3.4.5.)

Per la determinazione dei volumi di legname ritraibili da ciascuna specie e sottoparticella forestale è quindi sufficiente ripartire, in base alla percentuale di copertura di ciascuna specie, il valore medio della classe di provvigione per ettaro tra le differenti specie presenti nelle varie sottoparticelle forestali, utilizzando la seguente relazione:

$$Vol\ Specie_{i,j} = Classe_{Provv}\ SF_j \cdot \left(Cc_j \cdot SUP\ netta_j\right) \cdot Cs_{i,j}$$

Dove:

- $Vol°\ Specie_{i,j}$: rappresenta il volume degli approvvigionamenti della specie i-esima presente nella j-esima sottoparticella forestale $[m^3]$;
- $Classe_{Provv}\ SF_j$: rappresenta il valore medio della classe di provvigione delle j-esime sottoparticelle forestali per ettaro di superficie $[\frac{m^3}{Ha}]$;
- Cc_j : coefficiente di copertura della j-esima sottoparticella. Rappresenta la percentuale della superficie netta in cui sono presenti le piante $[\%]$;
- $SUP\ netta_j$: superficie netta della sottoparticella forestale j-esima ottenuta sottraendo dalla superficie totale le aree destinate al sedime stradale e altri elementi $[Ha]$;
- $Cc_j \cdot SUP\ netta_j$: tale prodotto indica la superficie reale dove effettivamente sono presenti le varie specie di alberi $[Ha]$;
- $Cs_{i,j}$: coefficiente di copertura specie. Rappresenta la percentuale di copertura della i-esima specie forestale contenuta nella j-esima sottoparticella forestale. Per ciascuna sottoparticella ove sono presenti piante la somma di questi coefficienti è pari all'unità $[\%]$.

Nell'estratto sotto riportato si può osservare un esempio dei risultati ottenuti per alcune sottoparticelle forestali. Si rimanda all'"Allegato 3: Assortimenti legnosi disponibili per specie forestale presenti in ciascuna SF"[12] per la consultazione completa degli approvvigionamenti ottenuti per ciascuna sottoparticella forestale presente.

Tabella 22 – Estratto foglio di calcolo relativo alla determinazione degli approvvigionamenti di ciascuna specie presente in ogni sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Superficie Netta [Ha]	C. Cop [%]	1ª Specie [-]	% Cop 1ª [%]	Provvigione 1ª Specie [m³]	2ª Specie [%]	% Cop 2ª [%]	Provvigione 2ª Specie [m³]
382	2,45027	90%	Leccio	10%	446,562	Roverella	20%	49,618
383	1,691243	90%	Leccio	90%	308,229	Roverella	10%	34,248
385	10,269649	95%	Leccio	70%	1.756,110	Roverella	10%	219,514
493	5,088267	95%	Leccio	90%	761,332	Roverella	10%	84,592
494	3,746337	80%	Leccio	90%	606,907	Roverella	10%	67,434

3ª Specie [-]	% Cop 3ª [%]	Provvigione 3ª Specie [m³]	4ª Specie [-]	% Cop 4ª [%]	Provvigione 4ª Specie [m³]	Classe Provvigione [m³/Ha]
-	-	-	-	-	-	225
-	-	-	-	-	-	225
Agrifoglio	10%	219,514	-	-	-	225
-	-	-	-	-	-	175
-	-	-	-	-	-	225

[12] Allegato 3: https://tinyurl.com/SEF-All-3

Dopo aver eseguito il calcolo delle provvigioni ritraibili in tutte le sottoparticelle forestali, i valori ottenuti sono stati sinteticamente raggruppati per specie forestale e per Unità Gestionale di Base, in modo da avere a disposizione un quadro riassuntivo.

Sono stati stimati oltre 604 mila metri cubi di assortimenti legnosi potenzialmente vendibili, così suddivisi tra le Unità Gestionali di Base:

- 31,5 % pari a circa 190 mila metri cubi nella sezione di Fiorentini;
- 25,7 % pari a oltre 155 mila metri cubi nella sezione di Anela;
- 42,8 % pari a oltre 260 mila metri cubi sezione di Monte Pisanu.

Confrontando tali valori con quelli ottenuti per la distribuzione delle piante presenti in ciascun complesso (§3.4.5.), si osserva che la produzione del complesso di Fiorentini è superiore a quella del complesso di Anela, anche se quest'ultimo registra una maggiore presenza di piante rispetto alla foresta di Fiorentini. Per quanto riguarda invece il complesso di Monte Pisanu si rileva una buona corrispondenza tra i due valori percentuali.

Inoltre, è stata valutata l'incidenza della presenza di ciascuna specie sul totale complessivo del numero di piante. Come si vede dai dati riportati nella tabella successiva, le tre qualità legnose prodotte in maggior quantità sull'intero territorio sono, nell'ordine, Roverella (42,4%) con oltre 255 mila metri cubi, Leccio (38,4%) con oltre 230 mila metri cubi e Sughera (6,55%) con circa 40 mila metri cubi. Molte delle altre specie presenti in minore quantità hanno limitate produzioni potenziali di legname.

Nella tabella a pagina successiva vengono riportate le quantità degli assortimenti legnosi prodotti da ciascuna specie forestale, suddivisa in base all'Unità Gestionale di Base di appartenenza. Successivamente si potranno stimare i ricavi prodotti dalla vendita delle quantità appena determinate.

Tabella 23 – Stima delle quantità di legname prodotto, suddivise per UGB e per ciascuna specie forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Specie [-]	Fiorentini [m^3]	Anela [m^3]	Monte Pisanu [m^3]	Totale [m^3]	Incidenza %
Abete Greco	0,00	268,41	0,00	268,41	0,044%
Acero Campestre	0,00	0,00	93,80	93,80	0,016%
Acero Montano	95,36	303,93	67,54	466,83	0,077%
Acero Riccio	0,00	0,00	83,62	83,62	0,014%
Acero Trilobo	0,00	67,63	4.844,79	4.912,42	0,813%
Agrifoglio	2.292,77	9.319,95	4.061,45	15.674,17	2,595%
Biancospino	0,00	2,68	0,00	2,68	0,000%
Castagno	649,89	639,61	2.306,37	3.595,87	0,595%
Cedro Atlante	1.540,80	5.417,90	10.371,76	17.330,46	2,869%
Cedro Deodara	0,00	252,82	0,00	252,82	0,042%
Cedro Libano	0,00	0,00	90,79	90,79	0,015%
Ciliegio	27,76	0,00	0,00	27,76	0,005%
Cipresso Arizonica	185,03	0,00	177,11	362,14	0,060%
Cipresso Comune	171,35	0,00	111,48	282,83	0,047%
Cipresso Macrocarpa	26,50	0,00	0,00	26,50	0,004%
Conifere esotiche	113,45	0,00	261,11	374,56	0,062%
Corbezzolo	1.603,40	0,00	0,00	1.603,40	0,265%
Douglasia	0,00	469,27	0,00	469,27	0,078%
Faggio	3,97	263,74	0,00	267,71	0,044%
Fillirea	2.507,10	2.205,05	3.793,30	8.505,45	1,408%
Frassino ossifillo	21,31	0,00	0,00	21,31	0,004%
Leccio	**81.733,66**	**87.668,88**	**62.299,99**	**231.702,53**	**38,360%**
Nocciolo	0,00	0,00	41,15	41,15	0,007%
Noce	76,59	0,00	0,00	76,59	0,013%
Olmo campestre	12,27	0,00	0,00	12,27	0,002%
Ontano nero	0,00	748,61	0,00	748,61	0,124%
Pero selvatico	536,92	105,43	227,02	869,37	0,144%
Pino d'aleppo	0,00	0,00	133,17	133,17	0,022%
Pino marittimo	45,40	0,00	581,91	627,31	0,104%
Pino nero	8.192,14	3.751,28	6.353,37	18.296,79	3,029%
Pioppo bianco	0,00	60,03	0,00	60,03	0,010%
Pioppo nero	0,00	0,00	124,07	124,07	0,021%
Pioppo tremolo	88,81	0,00	0,00	88,81	0,015%
Quercia rossa	182,80	0,00	0,00	182,80	0,030%
Rovere	0,00	28,88	0,00	28,88	0,005%
Roverella	**59.527,12**	**43.422,82**	**153.301,64**	**256.251,58**	**42,424%**
Salice	4,77	0,00	0,00	4,77	0,001%
Sughera	**30.332,64**	**341,84**	**8.885,17**	**39.559,65**	**6,549%**
Tasso	11,52	0,00	490,40	501,92	0,083%
Totale	**189.983,33**	**155.339,76**	**258.701,01**	**604.023,10**	**100%**
Suddivisione	31,5%	25,7%	42,8%	100,0%	

4.1.3. Stima dei ricavi

Al fine di determinare il più probabile valore di mercato ritraibile dalla vendita degli assortimenti legnosi presenti, considerando le reali caratteristiche dei territori interessati e le richieste derivanti dal mercato, in modo cautelativo, sono state assunte le seguenti ipotesi:

- Non verranno presi in considerazione i proventi derivanti dalla vendita dei frutti pendenti presenti (es. castagne, pere, ciliegie), in quanto non sono presenti informazioni certe sulla produzione e sulla effettiva raccolta all'interno delle foreste demaniali in oggetto;
- Si considereranno soltanto le quantità di legname prodotte da determinate specie forestali, per le quali è ipotizzabile un attivo mercato di riferimento, quali ad esempio il legname per uso energetico e il legname da lavoro. Le altre specie forestali, presenti principalmente per fine ornamentale, non verranno considerate nella determinazione dei ricavi;
- Le quantità disponibili ed i ricavi derivanti dalla presenza delle querce da sughero verranno determinati nel paragrafo successivo: vista la disponibilità di ulteriori dati specifici per le sottoparticelle forestali interessate, verranno considerati soltanto i proventi della vendita del sughero scortecciato e non dell'intera pianta, in modo tale da garantire la continuità di produzione nel tempo;
- Per rimanere nelle condizioni ordinarie di gestione dell'intervento, limitando le scelte del singolo imprenditore, i valori di mercato saranno riferiti ad una vendita all'imposto, ovvero con consegna e ritiro del legname nelle piazzole di carico, raggiungibili dagli autocarri tramite la viabilità ordinaria presente, più vicine ai vari cantieri forestali. In questo modo non dovranno essere conteggiati nell'analisi i costi relativi al carico, trasporto e scarico del materiale in luoghi più distanti dal bosco, quali magazzini o segherie;
- Per la determinazione dei valori di mercato si farà riferimento al "Prezzario dei prodotti legnosi estratti dalle foreste demaniali"[13]. Quest'ultimo documento viene redatto ogni anno dall'Agenzia Regionale Fo.Re.S.T.A.S ed è valido per tutto il territorio della Regione Sardegna. Tuttavia, per gli assortimenti da valutare non riportati all'interno del prezzario precedente, sono stati considerati i valori indicati all'interno dei "Listini prezzi all'ingrosso per il settore agricolo – alimentare, industriale e dei prodotti petroliferi" redatti mensilmente delle Camere di Commercio (C.C.I.A.A.);
- Inoltre, per non limitare le scelte imprenditoriali nella tipologia dei prodotti da commercializzare, laddove possibile, saranno utilizzati valori di mercato riferiti al legname depezzato non in catasta all'imposto, riferiti cioè al tronco e rami principali tagliati in segmenti di varie dimensioni che ne permettano il trasporto, radunati nelle piazzole di carico nel bosco. In questo modo si riducono ulteriormente i costi da considerare, non prevedendo le lavorazioni intermedie e finali del prodotto;
- Infine, come già riportato in precedenza, le quantità degli assortimenti disponibili verranno ridotte di una percentuale che tenga in considerazione le perdite e sfridi di lavorazione. In prima approssimazione si può assumere: 10% della quantità prodotta per le specie appartenenti alla famiglia delle latifoglie e 15% della quantità prodotta per le specie appartenenti alla famiglia delle conifere.

Nella tabella seguente viene riportato un riepilogo delle principali scelte effettuate per la determinazione dei ricavi. Si indica inoltre la famiglia di appartenenza di ciascuna specie forestale ("C" per le conifere e "L" per le latifoglie.)

[13] Fonte: https://www.sardegnaforeste.it/notizia/legna-da-ardere-assortimenti-legnosi-ceppi-ramaglie-frasche-fascine-etc

Tabella 24 – Riepilogo principali impieghi e valore di mercato degli assortimenti presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Specie [-]	C/L [-]	Principale Impiego [-]	Tipologia prodotto [-]	Valore di Mercato [€/q.le]	Fonte [-]
Abete Greco	C	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,72	C.C.I.A.A.
Acero Campestre	L	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,25	C.C.I.A.A.
Acero Montano	L	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,25	C.C.I.A.A.
Acero Riccio	L	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,25	C.C.I.A.A.
Acero Trilobo	L	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,25	C.C.I.A.A.
Agrifoglio	L	Ornamentale	Non valutato	-	-
Biancospino	L	Ornamentale	Non valutato	-	-
Castagno	L	Legname da lavoro	Tronchi per travatura	16,50	C.C.I.A.A.
Cedro Atlante	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Cedro Deodara	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Cedro Libano	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Ciliegio	L	Raccolta frutti	Non valutato	-	-
Cipresso Arizonica	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Cipresso Comune	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Cipresso Macrocarpa	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Conifere esotiche	C	Ornamentale	Non valutato	-	-
Corbezzolo	L	Legname per uso energetico	Legna mista con assortimento quercino e latifoglie (corbezzolo, fillirea, ecc.)	5,23	Fo.Re.S.T.A.S
Douglasia	C	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,72	C.C.I.A.A.
Faggio	L	Legname per uso energetico	Legna da ardere tronchi cm 120	6,95	C.C.I.A.A.
Fillirea	L	Legname per uso energetico	Legna mista con assortimento quercino e latifoglie (corbezzolo, fillirea, ecc.)	5,23	Fo.Re.S.T.A.S
Frassino ossifillo	L	Legname per uso energetico	Legna da ardere tronchi cm 120	6,95	C.C.I.A.A.
Leccio	L	Legname per uso energetico	Leccio e/o roverella	6,19	Fo.Re.S.T.A.S
Nocciolo	L	Raccolta frutti	Non valutato	-	-
Noce	L	Legname da lavoro	Tondame da sega	10,52	C.C.I.A.A.

Olmo campestre	L	Legname per uso energetico	Legna da ardere tronchi cm 120	6,95	C.C.I.A.A.
Ontano nero	L	Legname da lavoro	Tondame da sega	9,25	C.C.I.A.A.
Pero selvatico	L	Raccolta frutti	Non valutato	-	-
Pino d'aleppo	C	Legname da lavoro	Pino fresco	3,73	Fo.Re.S.T.A.S
Pino marittimo	C	Legname da lavoro	Pino fresco	3,73	Fo.Re.S.T.A.S
Pino nero	C	Legname da lavoro	Pino fresco	3,73	Fo.Re.S.T.A.S
Pioppo bianco	L	Legname da lavoro	Tronchetti di pioppo	6,23	C.C.I.A.A.
Pioppo nero	L	Ornamentale	Non valutato	-	-
Pioppo tremolo	L	Ornamentale	Non valutato	-	-
Quercia rossa	L	Legname per uso energetico	Legna mista con assortimento quercino e latifoglie (corbezzolo, fillirea, ecc.)	5,23	Fo.Re.S.T.A.S
Rovere	L	Legname da lavoro	Tondame da sega, rovere	11,96	C.C.I.A.A.
Roverella	L	Legname per uso energetico	Leccio e/o roverella	6,19	Fo.Re.S.T.A.S
Salice	L	Ornamentale	Non valutato	-	-
Sughera	L	Differente metodo di valutazione della produzione di sughero			
Tasso	C	Ornamentale	Non valutato	-	-

Come si può notare dalla tabella precedente, molte specie forestali presenti nell'area non hanno impieghi diretti di estrazione per la produzione di legname. Va ricordato infatti che l'area in esame non è un impianto governato e gestito esclusivamente per la produzione del legname (arboricoltura da legno). Le altre tipologie presenti sono state classificate secondo il principale impiego:

- Legname da lavoro: le specie possono venire utilizzate per la produzione di travi, tavolati, palchetti ecc;
- Legname per uso energetico: con queste specie può essere ricavata legna da ardere, pellets oppure cippato, a seconda della lavorazione realizzata.

4.1.3.1. Legname da lavoro e legname per uso energetico

In questo paragrafo vengono riportati i ricavi provenienti dalla vendita del legname da lavoro e del legname per uso energetico, prendendo in considerazione le quantità disponibili determinate in precedenza. (capitolo §4.1.2.)

I valori di mercato individuati sono riferiti ad un quintale di legname verde depezzato non in catasta nel bosco, variano quindi sia in funzione della tipologia di impiego ma anche dalla qualità, più o meno pregiata, delle specie forestali stesse.

Si procede quindi alla valutazione dei ricavi ottenibili detraendo inizialmente gli sfridi della lavorazione, valutati, in prima approssimazione pari al 10% per le latifoglie e al 15% per le conifere (percentuali riferite alla disponibilità in volume). In seguito, la quantità prodotta è stata trasformata da m^3 a quintali, utilizzando per ciscuna specie un valore medio della massa volumica allo stato fresco e infine vengono determinati i ricavi totali per ciascuna specie presente in ogni sottoparticella forestale.

Nell'estratto sotto riportato si può osservare un esempio dei risultati ottenuti per alcune sottoparticelle forestali. In particolare, viene evidenziato il procedimento di calcolo per le prime due specie più rappresentate di ogni sottoparticella forestale; per le restanti specie vale il medesimo procedimento. Si rimanda all'"Allegato 4: Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di legname disponibile in ciascuna SF"[14] per la consultazione completa dei ricavi ottenuti dalla vendita del legname da lavoro e per uso energetico, suddivisi per ciascuna sottoparticella forestale.

Tabella 25 – Determinazione dei ricavi provenienti dalla vendita di legname da lavoro o per uso energetico di ciascuna specie presente in ogni sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Superficie Netta [Ha]	1ª Specie [-]	Provvig 1ª Specie [m³]	% scarti lavoraz [-]	Provvigione Utile 1ª Specie (netta) [m³]	Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore mercato 1ª Specie [€]
382	2,45027	Leccio	446,562	10%	401,906	11,00	6,19	€ 27.365,75
383	1,691243	Leccio	308,229	10%	277,406	11,00	6,19	€ 18.888,58
385	10,26965	Leccio	1756,11	10%	1580,499	11,00	6,19	€ 107.616,2
493	5,088267	Leccio	761,332	10%	685,199	11,00	6,19	€ 46.655,18
494	3,746337	Leccio	606,907	10%	546,216	11,00	6,19	€ 37.191,84

2ª Specie [-]	Provvig 2ª Specie [m³]	% scarti lavoraz [-]	Provvigione Utile 2ª Specie (netta) [m³]	Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore mercato 2ª Specie [€]
Roverella	49,618	10%	44,656	9,80	6,19	€ 2.979,83
Roverella	34,248	10%	30,823	9,80	6,19	€ 2.056,76
Roverella	219,514	10%	197,562	9,80	6,19	€ 13.182,98
Roverella	84,592	10%	76,133	9,80	6,19	€ 5.080,23
Roverella	67,434	10%	60,691	9,80	6,19	€ 4.049,78

[14] Allegato 4: https://tinyurl.com/SEF-All-4

4.1.3.2. Sughero gentile e sugherone

La quercia da sughero è una specie tipica della regione mediterranea occidentale e in Italia sono presenti circa 225 mila ettari di foreste da sughero, di cui oltre il 90% sono situate nella regione centro-settentrionale della Sardegna. Nell'isola infatti esse rappresentano circa il 50% dei boschi ad alto fusto presenti e si possono trovare formazioni sia come elemento dominante oppure in consorzio con altre specie forestali quali principalmente il Leccio e la Roverella. La presenza della quercia da sughero rappresenta un habitat ideale per numerose specie faunistiche e garantisce in modo importante alla conservazione della biodiversità mediterranea. Il principale assortimento ritraibile da questa specie forestale è appunto il sughero, utilizzato in diversi campi sia per la produzione di materiali isolanti per l'edilizia che per turaccioli. Esso ha una grande importanza economica sia nel contesto europeo che mondiale. Il sughero è presente nella corteccia della pianta che ricopre tutte le parti legnose della stessa e viene prodotto dal fellogeno, che ha la caratteristica di riprodurlo ogni volta che viene rimosso o danneggiato dal passaggio degli incendi. L'estrazione del sughero, che viene ripetuta periodicamente ogni 10 anni circa, prevede quindi la rimozione della corteccia (decortica), evitando di danneggiare il fellogeno più interno. La prima estrazione della corteccia da ogni pianta viene definita demaschiatura. Con questa estrazione viene ricavato il "Sugherone" o sughero maschio, di poco pregio economico e generalmente utilizzato per la produzione di pannelli isolanti per l'edilizia. Dalle successive estrazioni invece è possibile ottenere il sughero "Gentile", di grande pregio economico ed utilizzato per la produzione dei turaccioli. Tutte le operazioni di estrazione sono svolte da personale qualificato ed esperto (gli scorzini) che con un'ascia affilata procedono all'incisione della corteccia esterna. Il sughero viene poi classificato in base alla qualità e lasciato riposare per circa 6 mesi in cataste per stabilizzarlo, prima delle successive lavorazioni in industria.

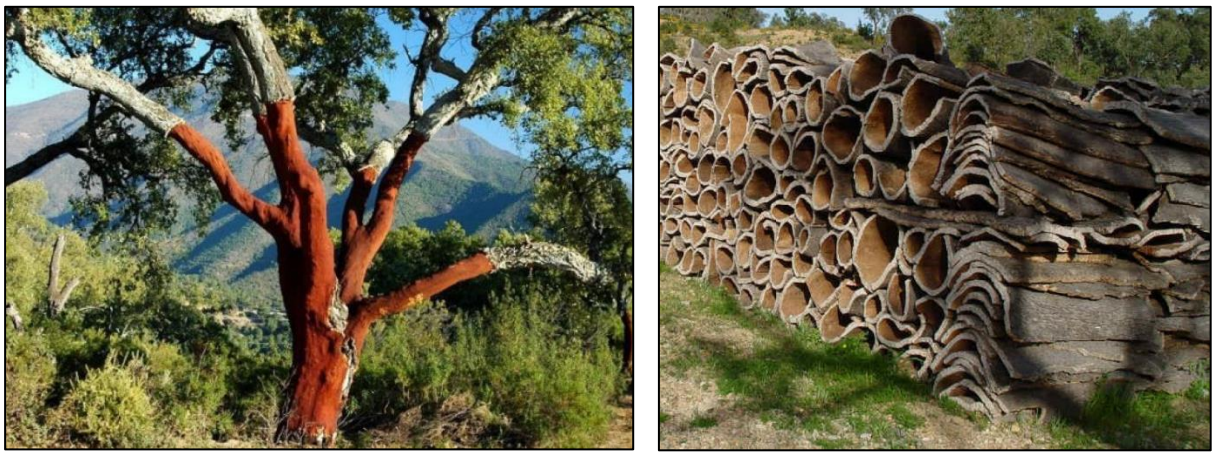


Figura 30 – Esempio di quercia da sughero decorticata e sughero estratto impilato in cataste. [Fonte: www.agraria.org].

Per questi motivi e vista l'importanza economica che il settore sughericolo ha in Sardegna, all'interno del registro particellare del "Piano Forestale Particolareggiato", è stato utilizzato un metodo di rilievo integrativo e di maggior dettaglio. Come si può osservare dalle seguenti figure la maggior parte delle sottoparticelle forestali che contengono una sughereta fanno parte dell'Unità Gestionale di Base di Fiorentini: le sugherete sono infatti presenti in 206 sottoparticelle forestali su 316 totali, rappresentanti circa il 70%. Per quanto riguarda le altre comprese forestali si registrano 2 particelle su 284 per la foresta di Anela (pari al 0,70%) e 32 sottoparticelle su 404 per la foresta di Monte Pisanu (pari all'8% circa).

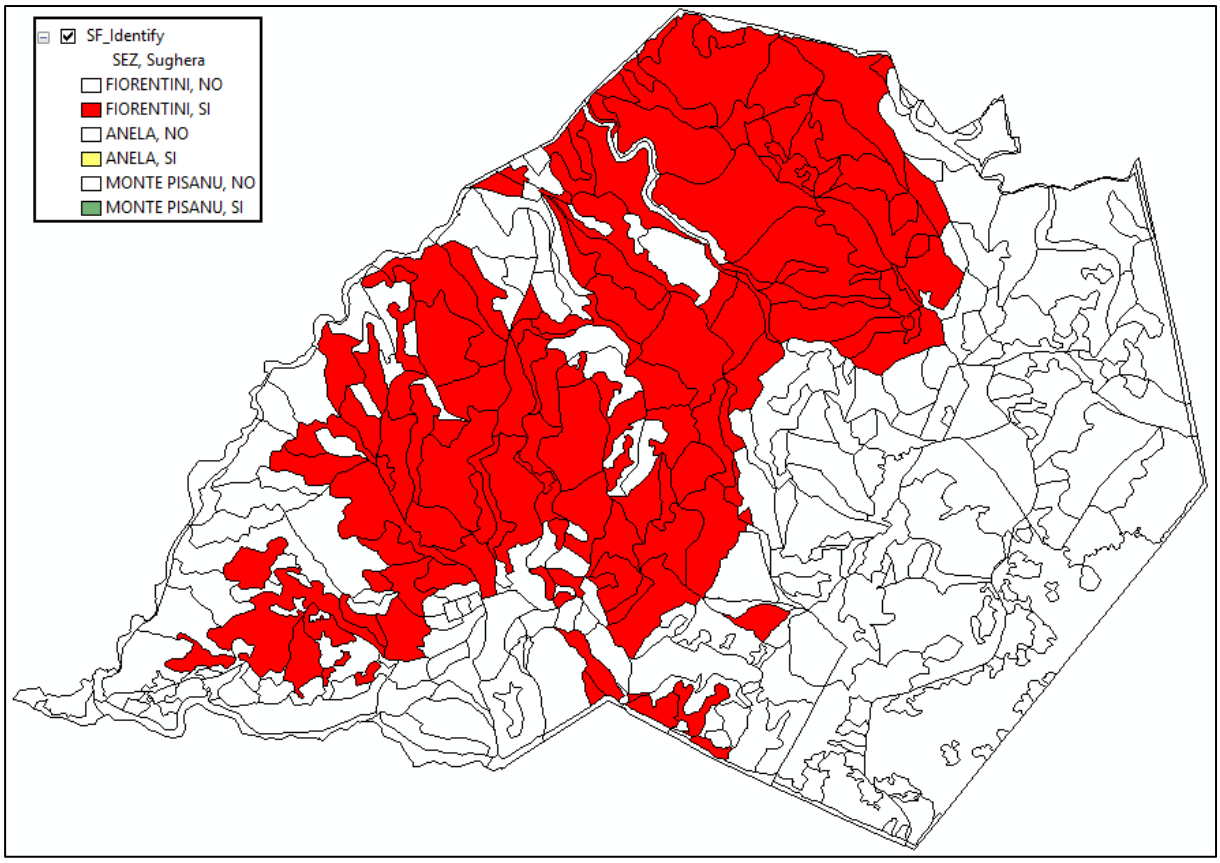


Figura 31 – Individuazione delle sottoparticelle forestali al cui interno è presente una sughereta per la foresta Fiorentini. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Nella tabella seguente viene riportato un esempio dei dati aggiuntivi rilevati per le sugherete. Vengono riportati soltanto quei valori in qualche modo influenti sulla determinazione della quantità di sughero estraibile.

Tabella 26 – Dati provenienti dal rilievo integrativo eseguito per le sottoparticelle forestali in cui sono presenti sugherete. [Fonte: elaborazione dall'autore a partire dal "Registro Particellare – Piano Forestale Particolareggiato"].

Id SF [-]	Id SU [-]	Sez [-]	Sup Netta [Ha]	Sughere Totali Ha	% Sughere demaschiabili	Sughere Produttive Ha	D. medio [cm]	Età [anni]	Altezza Decortica [cm]	Spessore [cm]
3466	83	C	2,6807	600	5%	500	23	10	110	3,00
3525	86	C	1,5739	400	5%	300	35	10	130	3,00
4164	111	C	5,3279	600	5%	500	27	10	130	3,50
5266	223	C	4,3597	200	5%	0	0	0	0	0,00

Si specifica che:

- il valore "% sughere demaschiabili" fa riferimento alla percentuale di sughere totali presenti, indicando il numero di sughere dalle quali è possibile ricavare il sugherone, dopo aver eseguito la prima demaschiatura;
- Il "Diametro medio" indica il diametro medio delle sughere produttive, misurato a metà altezza di decortica, ovvero l'altezza del fusto da terra soggetto allo scortecciamento.

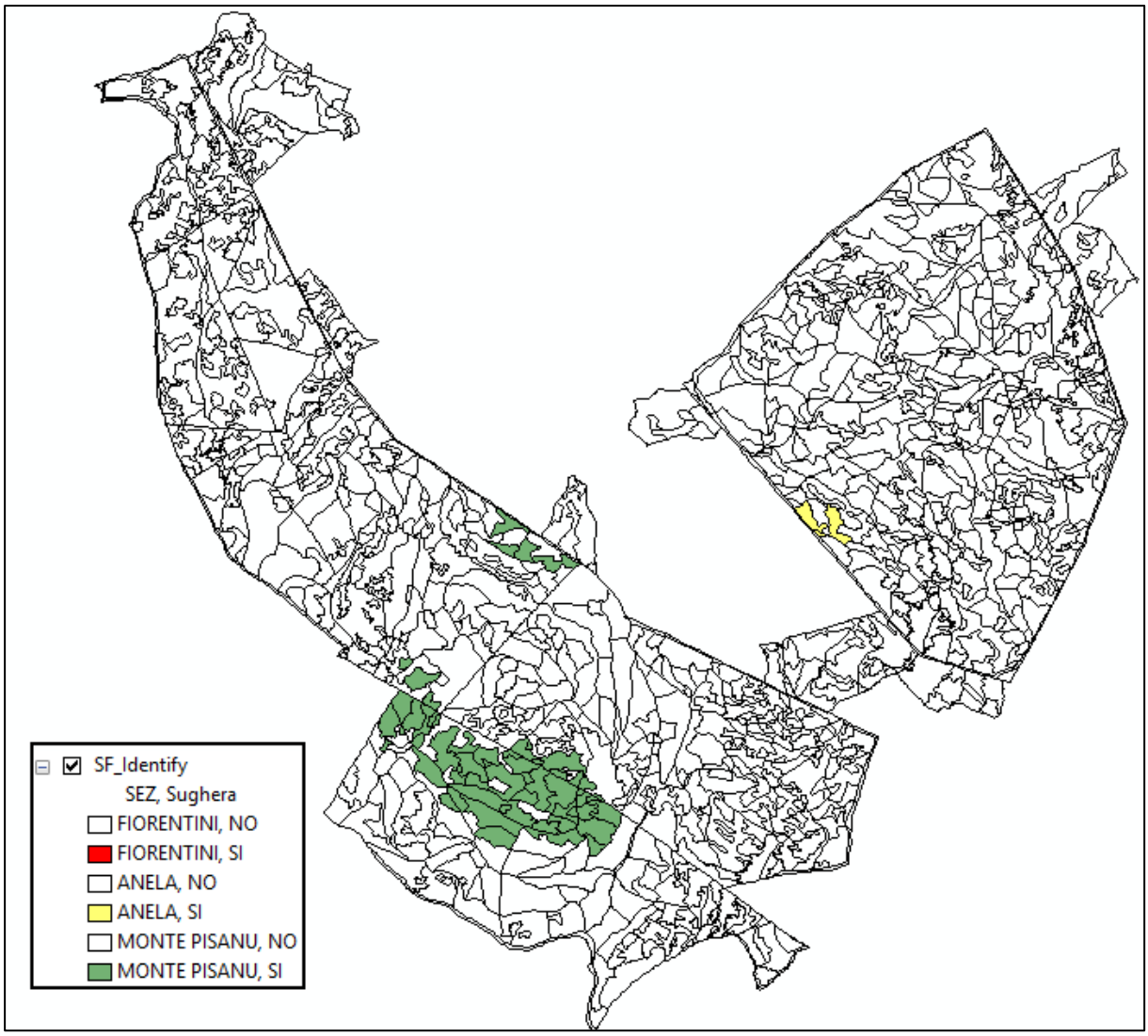


Figura 32 – Individuazione delle sottoparticelle forestali al cui interno è presente una sughereta per le foreste di Anela e Monte Pisanu. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Dopo aver determinato il numero di sughere produttive e di sughere da demaschiare presenti in ciascuna sottoparticella forestale classificata come sughereta, viene determinata la quantità di sugherone e sughero gentile estraibile, utilizzando la seguente relazione:

$$Vol\ estratto_{1,2} = N°_{Piante}\ SF_{1,2} \cdot \left(D_{medio} \cdot \pi \cdot H_{Decortica} \cdot s_{sughero}\right)$$

Dove:

- $Vol\ estratto$: rappresenta la quantità in volume di sughero o sugherone estraibile dalle piante presenti in ciascuna sottoparticella forestale $[m^3]$;
- $N°_{Piante}\ SF_{1,2}$: rappresenta il numero di sughere produttive presenti nella SF considerata per quanto riguarda il sughero gentile, mentre il numero di piante da demaschiare presenti nella SF considerata per quanto riguarda il sugherone $[-]$;
- D_{medio}: diametro medio a metà altezza di decortica. Rappresenta il diametro medio delle sughere, comprensivo del sughero da estrarre, misurato a metà dell'altezza di decortica $[m]$;
- $H_{Decortica}$: altezza media di decortica. Rappresenta l'altezza media del fusto principale da terra fino a dove viene prevista l'operazione di decortica. $[m]$;

- $s_{sughero}$: spessore sughero. Rappresenta lo spessore medio del sughero da estrarre [m].

Per quanto riguarda le sughere produttive verranno assunti i dati del rilievo effettuato sulle sughere in produzione, mentre per quanto riguarda la produzione del sugherone si considereranno, laddove assenti nel registro particellare, come altezza media di decortica un valore medio pari a 1,10 m, diametro medio a metà altezza di decortica un valore pari a 19 cm e spessore del sughero pari a 3,5 cm.

Per quanto riguarda invece la determinazione del valore di mercato sia per il sughero gentile che per il sugherone, meno pregiato, è stata realizzata un'indagine di mercato comparativa tra recenti stime del valore di macchiatico di sugherete simili di proprietà di enti comunali o dell'agenzia "Fo.Re.S.T.A.S", presenti nel territorio provinciale. Si ricorda che il prezzo di mercato sarà sempre riferito al materiale posizionato all'imbosco, accatastato in luogo camionabile e venduto allo stato fresco. I risultati della ricerca di mercato sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 27 – Indagine di mercato per la determinazione del valore di vendita per il sughero gentile ed il sugherone. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Tipologia [-]	Comune [-]	Anno [-]	Prezzo sughero gentile [€/q.le]	Prezzo sugherone [€/q.le]	Fonte [-]
Sughere comunali	Pattada	2016	€ 80,00	€ 0,00	Relazione tecnica di stima – Comune di Pattada
Complesso forestale (*)	Capoterra	2017	€ 150,00	€ 20,00	Relazione di stima Gutturumannu
Sughereta comunale (*)	Talana	2019	€ 130,00	€ 52,00	Relazione tecnica Talana
Sugherete comunali	Orotelli	2017	€ 150,00	€ 25,00	Relazione tecnico economica
Sughere comunali	Onanì	2020	€ 112,31	€ 10,00	Relazione di stima – Comune di Onanì
Sugherete Forestas	Fiorentini	2019	€ 95,00	-	Asta Pubblica

(*) Questi valori non vengono presi in considerazione in quanto, anche se riferiti ad una compravendita recente, fanno riferimento a operazioni svoltesi in zone lontane della Sardegna rispetto alla posizione delle foreste di Fiorentini, Anela e Monte Pisanu.

Per il caso in oggetto, non conoscendo la reale qualità della produzione del sughero prodotto, verranno individuati soltanto due valori di mercato, riferiti rispettivamente al sughero gentile e al sugherone. Dall'indagine di mercato sopra riportata, considerando anche l'estensione dell'area di intervento e le condizioni orografiche dei luoghi, viene assunto come riferimento un valore di mercato pari a 120,00 €/quintale per il sughero gentile e 10 €/quintale per il sugherone. Per quanto riguarda invece la densità del sughero allo stato fresco, necessaria per trasformare la produzione da m^3 a quintali è stata assunta pari a 2,5 q.li/m^3.

Nella tabella a pagina seguente si riporta quindi un estratto dei principali passaggi necessari per stimare i ricavi provenienti dalla vendita sia del sughero gentile che del sugherone per ciascuna delle sottoparticelle forestali classificate come sugherete.

Tabella 28 – Determinazione dei ricavi provenienti dalla vendita di sughero e sugherone presenti nelle sottoparticelle forestali classificate come sugherete. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Id SU [-]	Sezione [-]	Sup Netta [Ha]	Sug. Totali Ha	% Sug. Dem	Sug. Prod. Ha	D. medio [cm]	Età [anni]	H_d [cm]	S_{sug} [cm]	N° Sughere demaschiabili [-]
3466	83	C	2,6807	600	5%	500	23	10	110	3,00	80
3525	86	C	1,5739	400	5%	300	35	10	130	3,00	31
3593	88	C	0,9037	400	10%	0	19	0	110	3,50	36
3595	89	C	4,3951	500	10%	370	24	10	100	3,00	220
4164	111	C	5,3279	600	5%	500	27	10	130	3,50	160

Sugherone ritraibile [m^3]	V. unitario Sugherone [€/q.le]	V. Mercato Sugherone [€]	N° Sughere produttive [-]	Sughero gentile ritraibile [m^3]	V. unitario Sughero gentile [€/q.le]	V. Mercato Sughero gentile [€]	Totale ricavi estrazione sughero [€]
1,92	€ 10,00	€ 47,94	1340	31,96	€ 120,00	€ 9.588,07	€ 9.636,01
1,35	€ 10,00	€ 33,75	472	20,25	€ 120,00	€ 6.074,38	€ 6.108,13
0,83	€ 10,00	€ 20,77	0	0,00	€ 120,00	€ -	€ 20,77
4,97	€ 10,00	€ 124,27	1626	36,78	€ 120,00	€ 11.035,0	€ 11.159,31
6,17	€ 10,00	€ 154,22	2664	102,81	€ 120,00	€ 30.844,1	€ 30.998,34

Per la determinazione dei ricavi complessivi si rimanda all'"Allegato 5: Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di sughero gentile e sugherone disponibile in ciascuna SF classificata come sughereta"[15].

Nell'allegato vengono evidenziati in rosso i valori di diametro medio a metà altezza di decortica, altezza di decortica e spessore sughero, utilizzati esclusivamente per la determinazione della quantità di sugherone estraibile da quelle sottoparticelle forestali nel quale non sono presenti sughere atte alla produzione di sughero gentile. Si ricorda infatti che il rilievo di tali dati ha riguardato soltanto le sughere produttive e non quelle demaschiabili alla prossima estrazione.

[15] Allegato 5: https://tinyurl.com/SEF-All-5

4.1.4. Stima dei costi

Si procede ora alla stima dei costi da sostenere per la realizzazione delle operazioni forestali necessarie. Anche in questo caso, viste le differenti procedure, verranno analizzati due casi: il primo relativo alle lavorazioni necessarie per la produzione di legname da lavoro o legname per uso energetico e l'altro per le operazioni necessarie all'estrazione del sughero.

4.1.4.1. Legname da lavoro e legname per uso energetico

Per quanto riguarda la produzione di legname le operazioni forestali possono venire sintetizzate nelle due fasi seguenti:

- Taglio ed allestimento: in questa fase si prevede di allestire a regola d'arte il cantiere forestale per l'area interessata dalla lavorazione. In seguito, si procede con l'abbattimento delle piante con l'uso della motosega, seguendo le regole di buona tecnica per l'esecuzione dell'abbattimento in relazione alle caratteristiche del sito. L'ultima operazione prevede, sempre con l'ausilio della motosega, la sramatura della pianta e depezzatura del fusto in pezzi di lunghezza variabile in base alla tipologia di assortimento richiesto;
- Concentramento ed esbosco: la fase successiva prevede inizialmente l'avvicinamento dei pezzi tra loro mediante la movimentazione manuale per sollevamento oppure il trascinamento con l'ausilio di opportuni strumenti (preconcentramento). In seguito, sono previste le operazioni di concentramento ed esbosco del materiale, sino a raggiungere le piazzole di carico, eseguite normalmente mediante l'impiego di un mezzo forestale.

Per una valutazione approssimativa viene determinato un costo parametrico per ciascuna delle due fasi presenti. Dopo aver eseguito numerose indagini di mercato riferite all'area provinciale di Sassari, ove si trova l'area in oggetto, e non aver individuato una fonte di riferimento sintetica e di recente pubblicazione, si è preferito utilizzare il prezziario delle opere pubbliche della Regione Basilicata[16], per avere un valore di riferimento.

Osservazione: prima di procedere all'applicazione delle voci contenute all'interno del prezzario delle opere pubbliche della Regione Basilicata è stata effettuata un'analisi sulle percentuali di incidenza delle spese generali e degli utili di impresa applicata a ciascuna voce. Nel caso i valori percentuali applicati fossero stati differenti, si sarebbe proceduto alla definizione di un nuovo prezzo, scorporando i valori corrispondenti delle spese generali e utili di impresa applicati dalla Regione Basilicata e aggiungendo successivamente l'incidenza percentuale indicata all'interno del prezzario della Regione Sardegna. Nel caso considerato però entrambi i documenti considerano all'interno di ciascuna voce una percentuale pari al 15% per considerare le spese generali e una percentuale pari al 10% (applicata al valore precedente) per valutare gli utili di impresa. La percentuale totale incidente su ciascuna voce sarà quindi pari al 26,50% (15% + 10%).

Si riportano nella tabella seguente le voci del prezzario individuate, il codice della voce indicata fa riferimento al documento in vigore nella Regione Basilicata.

All'interno del valore indicato sono già considerati il costo della manodopera, le spese generali e gli utili di impresa (questi ultimi con un'incidenza complessiva del 26,50%). Applicando le varie voci si potranno quindi determinare i costi da sostenere per ciascuna sottoparticella forestale presente. In questo caso non verrà mantenuta la distinzione tra specie forestali all'interno della sottoparticella, in quanto il tipo di operazione forestale da effettuare è indipendente dalla specie stessa.

[16] Fonte: http://prezzariooperepubbliche.regione.basilicata.it/prezzarioop/prezzario/prezzari.xhtml

Tabella 29 – Descrizione voci di prezziario e applicazione spese di gestione ed amministrazione di impresa. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da: "Prezzario opere pubbliche regione Basilicata, anno 2020].

Voce [-]	Descrizione [-]	U. M.	Valore
I.03.018	Taglio di abbattimento e allestimento di materiale legnoso di medie dimensioni sul letto di caduta, comprensivo di sistemazione del materiale per la successiva misurazione, e, ai fini antincendio, allontanamento della ramaglia e del materiale dalle zone a più rischio, eventuale bruciatura, o, in alternativa cippatura in loco della ramaglia e del materiale secco.	m^3	€ 34,82
I.03.021	Esbosco del legname derivante dagli interventi selvicolturali, collocato all'imposto in modo idoneo al successivo trasporto, ogni altro onere compreso, mediante trattrice con rimorchio:		
	01 – fino a 500 m di distanza;	m^3	€ 5,57
	02 – oltre 500 m e fino a 1000 m di distanza;	m^3	€ 11,17
	03 – oltre i 1000 m di distanza;	m^3	€ 22,33

Nella tabella seguente viene riportato un estratto del foglio di calcolo utilizzato per la determinazione dei costi sostenuti delle operazioni di taglio, allestimento ed esbosco all'imposto. Si rimanda all'"Allegato 6: Costi di trasformazione del legname da lavoro o per uso energetico prodotto per ciascuna SF"[17] per la consultazione dei costi sostenuti per ciascuna SF.

Tabella 30 – Determinazione dei costi sostenuti per la produzione di legname per uso energetico e da lavoro. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Totale provvigione Utile (Lorda)	Costi di taglio unitario [€/m^3]	Costi di esbosco unitario [€/m^3]	Distanza SF – Imposto [m]	Totale costi SF[€]
382	848,900	€ 34,82	€ 5,57	217	€ 37.037,49
383	496,180	€ 34,82	€ 5,57	106	€ 21.648,32
385	342,477	€ 34,82	€ 5,57	66	€ 14.942,26
493	845,924	€ 34,82	€ 5,57	79	€ 36.907,68
494	674,341	€ 34,82	€ 5,57	96	€ 29.421,48

Per quanto riguarda la distanza media presente tra ciascuna sottoparticella forestale e il punto più vicino raggiungibile da autocarri, requisito necessario per permettere il carico all'imposto del legname prodotto, è stata ricavata dal modello GIS, utilizzando le informazioni relative alla viabilità forestale presente all'interno dell'intera area.

[17] Allegato 6: https://tinyurl.com/SEF-All-6

Nel rilievo eseguito dai tecnici dell'ente sono state infatti classificate e rilevate le diverse tipologie di viabilità forestali presenti:

- Rete viabile principale (strade forestali):
  - Strade forestali camionabili principali: permettono il transito di autotreni e autoarticolati con pendenze inferiori al 15%;
  - Strade forestali camionabili secondarie: permettono soltanto il transito agli autocarri in quanto sono presenti raggi di curvatura più ristretti;
  - Strade forestali carrozzabili: strade che permettono il transito soltanto agli autoveicoli;
- Rete viabile secondaria (piste forestali e stradelli di esbosco):
  - Piste forestali permanenti: tracciati permanenti destinati al transito di trattori o macchine operatrici;
  - Piste forestali camionabili: tracciati permanenti che con fondo asciutto consentono il transito degli autocarri;
  - Piste forestali temporanee: tracciati che non hanno funzione di collegamento, di modesta lunghezza. Sono principalmente utilizzate durante le operazioni colturali e di esbosco.

All'interno del modello GIS, ciascuna sottoparticella forestale viene rappresentata tramite il proprio punto centrale. Per ciascun punto viene infine determinata la distanza per raggiungere la più vicina strada forestale transitabile con autocarri (strade forestali camionabili principali, strade forestali camionabili secondarie e piste forestali camionabili.)

Nelle figure seguenti viene riportata la rappresentazione del procedimento e la classificazione di ciascuna SF in base alla distanza dalle principali vie accessibili dagli autocarri.

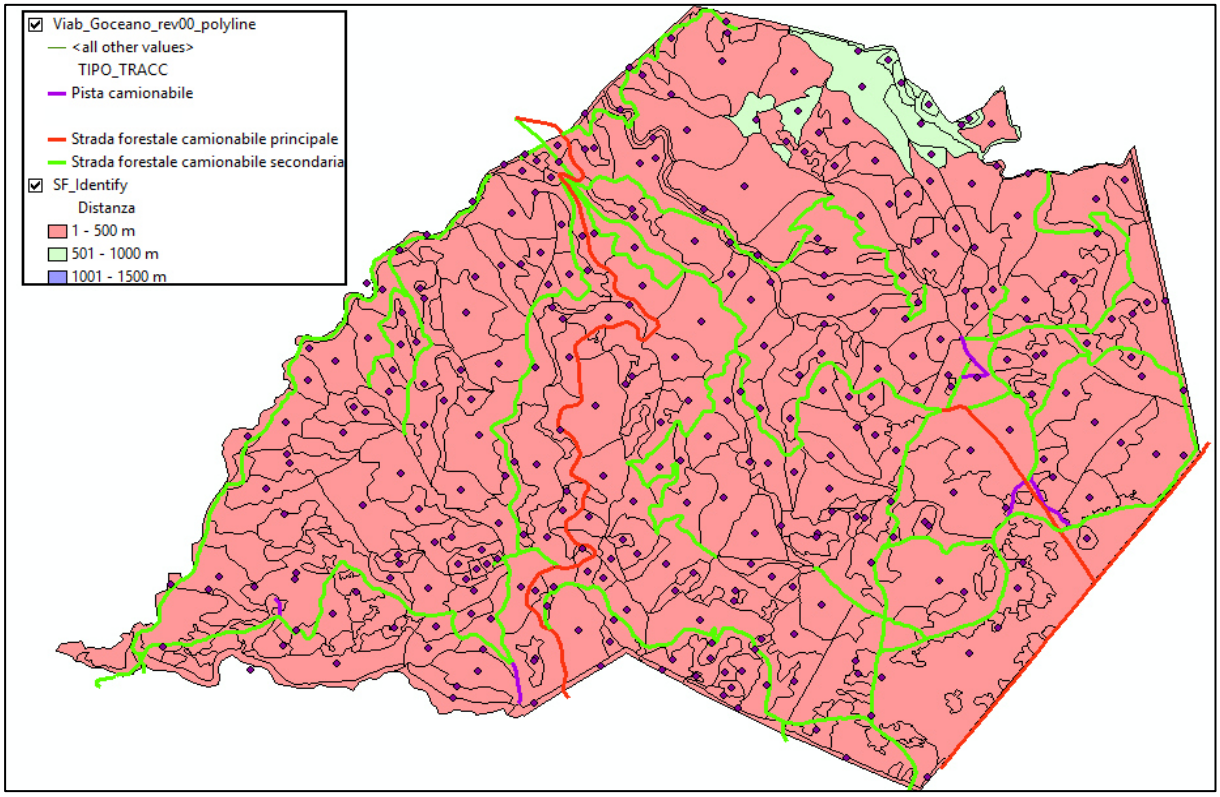


Figura 33 – Classificazione delle SF secondo la distanza media per la foresta Fiorentini. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: m). [Fonte: elaborazione dell'autore].

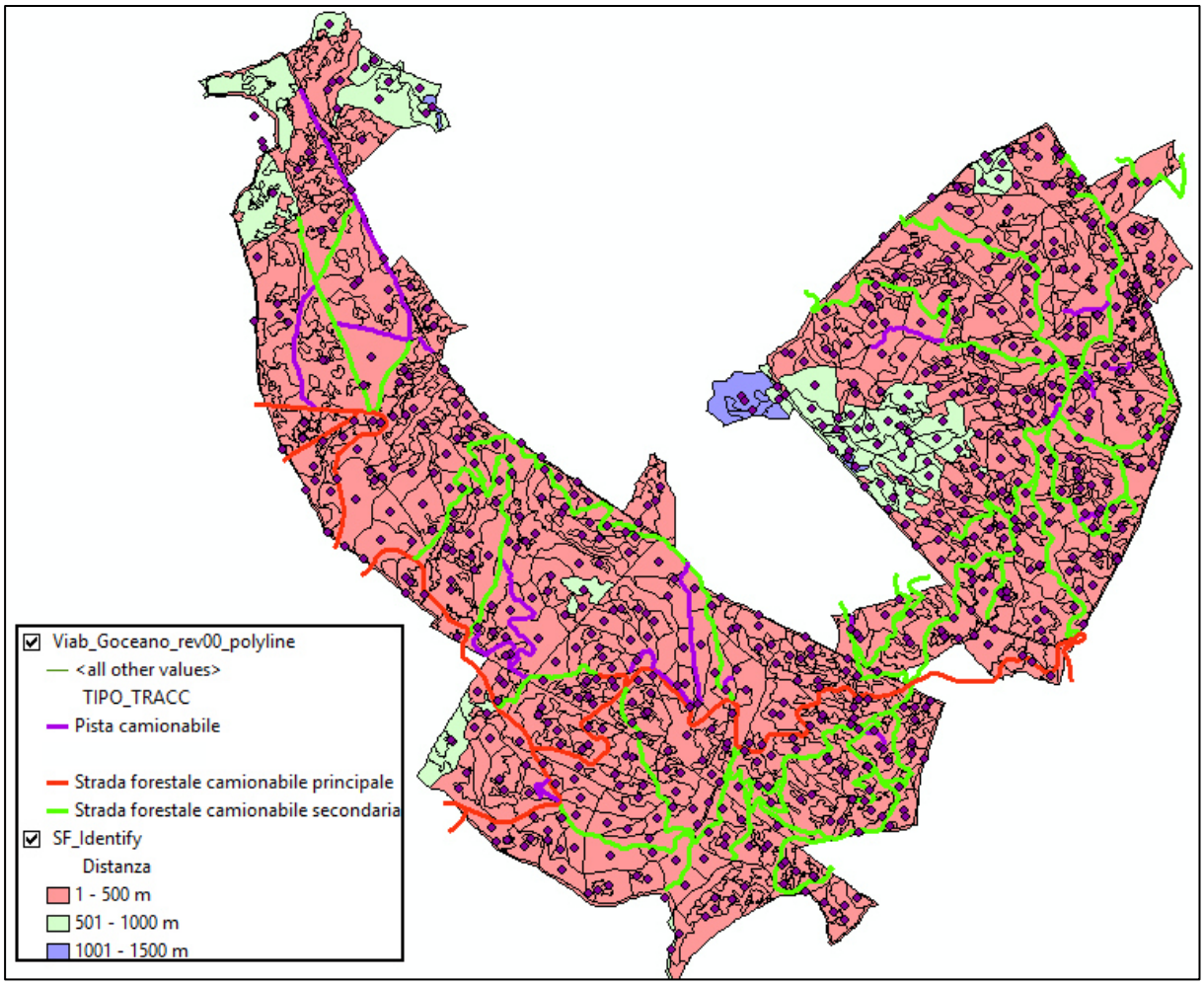


Figura 34 – Classificazione delle SF secondo la distanza media per le foreste di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: m). [Fonte: elaborazione dell'autore].

4.1.4.2. Sughero gentile e sugherone

Le lavorazioni forestali da eseguire per la raccolta del sughero gentile e del sugherone possono essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

- Decortica: questa fase prevede l'estrazione del sughero dalla pianta. Viene effettuata da personale esperto e con molta esperienza, definiti scorzini, che utilizzando soltanto un'accetta eseguono tagli sulla corteccia al fine di estrarre il sughero e depositarlo ai piedi della pianta stessa;
- Raccolta: in questa fase, eseguita dai raccoglitori, il sughero viene disposto in fasci e trasportato a spalle sino al punto del bosco raggiungibile da un mezzo meccanico. Successivamente i fasci verranno poi caricati sul mezzo, in genere un trattore gommato con carrello ribaltabile, e trasportati nel luogo raggiungibile dagli autocarri;
- Classificazione e formazione catasta: l'ultima fase di lavoro prevede la suddivisione del sughero raccolto nelle varie qualità di pregio e la realizzazione di opportune cataste per facilitare le successive operazioni di carico, per il trasporto verso le aziende dove verrà lavorato.

Per una valutazione approssimativa viene determinato un costo parametrico a quintale di sughero gentile o sugherone prodotto. Si riportano le differenti tipologie di lavorazioni e operai necessari, indicando per ciascuno il costo giornaliero e la quantità media di quintali trattati. Tali valori derivano da un'analisi dei costi riferita ad alcune relazioni di stima realizzate per simili operazioni di estrazione ricadenti nel territorio oggetto di studio. Sommando i costi unitari si determina quindi un costo parametrico per ogni quintale di materiale lavorato; a tale valore viene poi sommato il 26,50% comprensivo di tutte le spese generali e gli utili di impresa.

Tabella 31 – Determinazione del costo parametrico per la produzione del sughero gentile e sugherone. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Lavorazione [-]	Tipologia operai [-]	Costo [€/gg]	Produzione [q.li/gg]	Costo unitario [€/q.le]
Operaio specializzato scorzatore	2° livello	€ 74,33	4,5	€ 16,52
Operaio comune raccoglitore	1° livello	€ 69,00	6,75	€ 10,22
Operaio comune per carico e sistemazione su carrello	1° livello	€ 69,00	67,5	€ 10,22
Nolo di trattore gommato con carrello ribaltabile	conducente compreso	€ 200,00	135	€ 1,48
Operaio specializzato classificatore e selezionatore	3° livello con 2 operai di 1° livello	€ 221,27	135	€ 1,64
Operaio comune per formazione catasta	1° livello	€ 69,00	67,5	€ 1,02
Subtotale				€ 41,10
Spese di gestione e amministrazione, assicurazioni e rischio				26,50 %
Totale costo operazioni forestali per estrazione di sughero gentile e sugherone				**€ 52,00**

Si riporta quindi, nella tabella sottostante, un estratto dei passaggi effettuati per la determinazione dei costi di trasformazione sostenuti per l'estrazione sia del sughero gentile che del sugherone in ciascuna delle sottoparticelle forestali classificate come sugherete. Si rimanda all'"Allegato 7: Costi di trasformazione del sugherone e del sughero gentile prodotti per ciascuna SF classificata come sughereta"[18] per la consultazione dei valori relativi a tutte le sottoparticelle forestali interessate.

Tabella 32 – Determinazione dei costi sostenuti per la produzione di sugherone e sughero gentile per ciascuna sottoparticella forestale classificata come sughereta. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Id SU [-]	Sezione [-]	Sup Netta [Ha]	Sugherone ritraibile [m³]	Sughero gentile ritraibile [m³]	Quantità sughero estratto [q.li]	Costo unitario [€/q.le]	Totale Costi estrazione sughero [€]
3466	83	C	2,6807	1,92	31,96	84,69	€ 52,00	€ 4.404,12
3525	86	C	1,5739	1,35	20,25	53,99	€ 52,00	€ 2.807,71
3593	88	C	0,9037	0,83	0,00	2,08	€ 52,00	€ 107,99
3595	89	C	4,3951	4,97	36,78	104,39	€ 52,00	€ 5.428,05
4164	111	C	5,3279	6,17	102,81	272,46	€ 52,00	€ 14.167,73

4.1.5. Determinazione del Valore Economico (VE)

Dopo aver determinato per ciascuna sottoparticella forestale presente i costi ed i ricavi riferiti sia alla produzione di legname da lavoro e per uso energetico sia per l'estrazione del sughero e sugherone, è possibile determinare il valore economico per ciascuna sottoparticella forestale.

Nella tabella seguente si riporta quindi un riepilogo dei valori di ricavi e costi sostenuti per ciascuna sottoparticella forestale ed il valore economico ottenuto dalla differenza tra i ricavi e i costi. Vengono indicati in rosso quei valori economici che risultano essere negativi, ovvero dove i costi sostenuti sono stati superiori ai ricavi prodotti in quella determinata sottoparticella forestale.

Tabella 33 – Determinazione del valore economico e del valore parametrico per ciascuna sottoparticella forestale presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Totale Ricavi legname SF [€]	Totale costi legname SF [€]	Totale Ricavi sughero SF [€]	Totale costi sughero SF [€]	Valore economico (VE) [€]	Valore parametrico [€/Ha]
3466	€ 1.756,25	€ 1.299,27	€ 9.636,01	€ 4.404,12	€ 5.688,86	€ 2.122,17
3525	€ 1.031,15	€ 762,85	€ 6.108,13	€ 2.807,71	€ 3.568,72	€ 2.267,41
3593	€ 8.971,96	€ 5.913,37	€ 20,77	€ 107,99	€ 2.971,36	€ 3.287,83
3595	€ 4.495,44	€ 3.195,31	€ 11.159,31	€ 428,05	€ 7.031,40	€ 1.599,83
4164	€ 3.704,25	€ 2.582,30	€ 30.998,34	€ 4.167,73	€ 17.952,55	€ 3.369,57

Per l'elenco completo del valore economico e del valore parametrico, ottenuto dividendo il valore economico di ogni particella per la superficie netta della particella stessa, si rimanda all'"Allegato 8: Valore economico (VE) e valore parametrico per ciascuna SF". [19]Nelle figure seguenti viene

[18] Allegato 7: https://tinyurl.com/SEF-All-7
[19] Allegato 8: https://tinyurl.com/SEF-All-8

rappresentata la variazione del valore economico parametrico nelle varie sottoparticelle forestali. Infine, si riporta un riepilogo dei valori raggruppati per Unità Gestionale di Base.

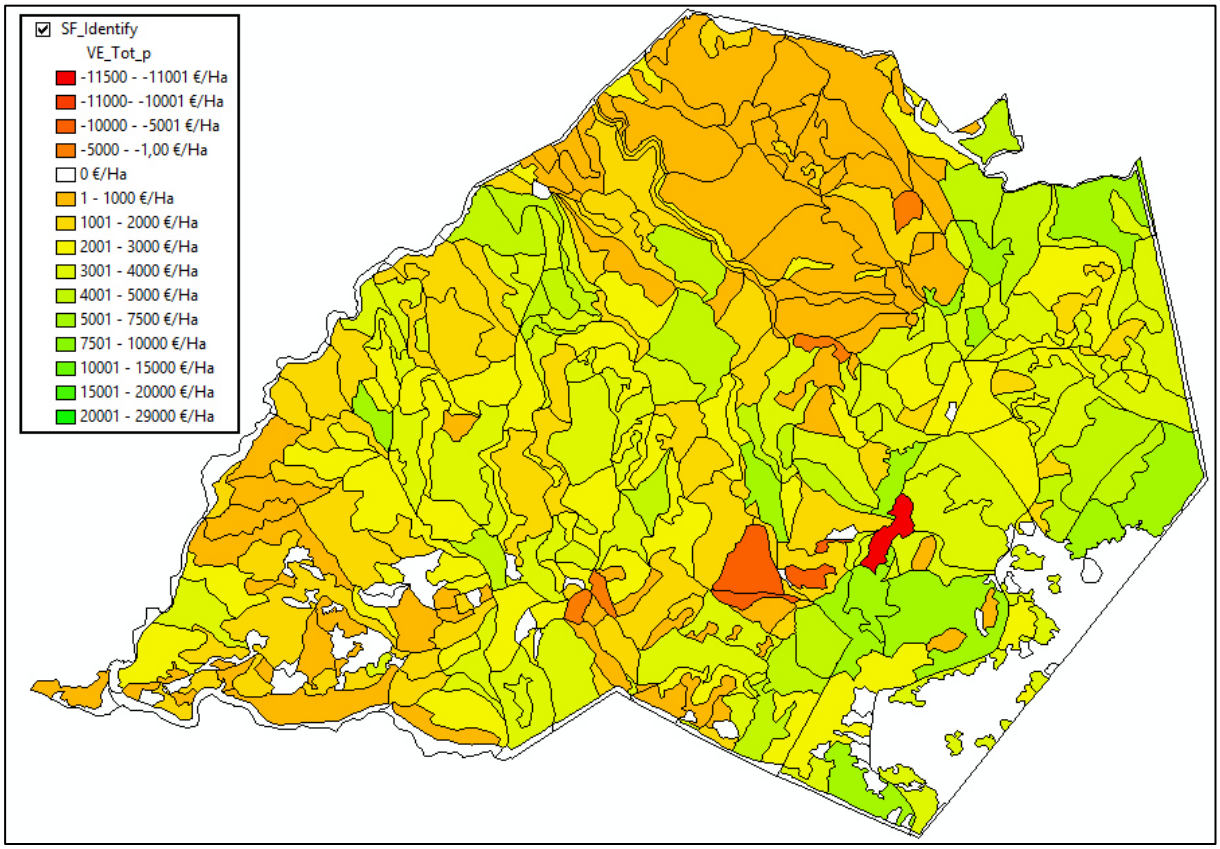


Figura 35 – Rappresentazione del valore economico parametrico per ciascuna SF della foresta di Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Tabella 34 – Riepilogo valore economico e valore parametrico per ciascuna Unità Gestionale di Base presente. [Fonte: elaborazione dell'autore.]

UGB [-]	Tot Ricavi legname [€]	Tot Ricavi sughero [€]	Tot Costi legname [€]	Tot Costi sughero [€]	Valore economico [€]	VE parametrico [€/Ha]
Anela	€ 8.155.707	€ 16.629	€ 6.226.290	€ 7.224	€ 1.938.822	€ 1.839,42
Fiorentini	€ 8.679.976	€ 1.512.009	€ 6.758.086	€ 610.517	€ 2.823.382	€ 1.864,56
Monte Pisanu	€ 13.228.981	€ 368.449	€ 10.256.952	€ 162.575	€ 3.177.903	€ 1.625,12
Totale	**€ 30.064.664**	**€ 1.897.087**	**€ 23.241.328**	**€ 780.316**	**€ 7.940.107**	**€ 1.755,20**

Si osserva il valore elevato dei ricavi provenienti dall'estrazione del sughero gentile e sugherone nella foresta di Fiorentini, dove è compresa la maggior parte delle sugherete presenti nell'intera area in esame.

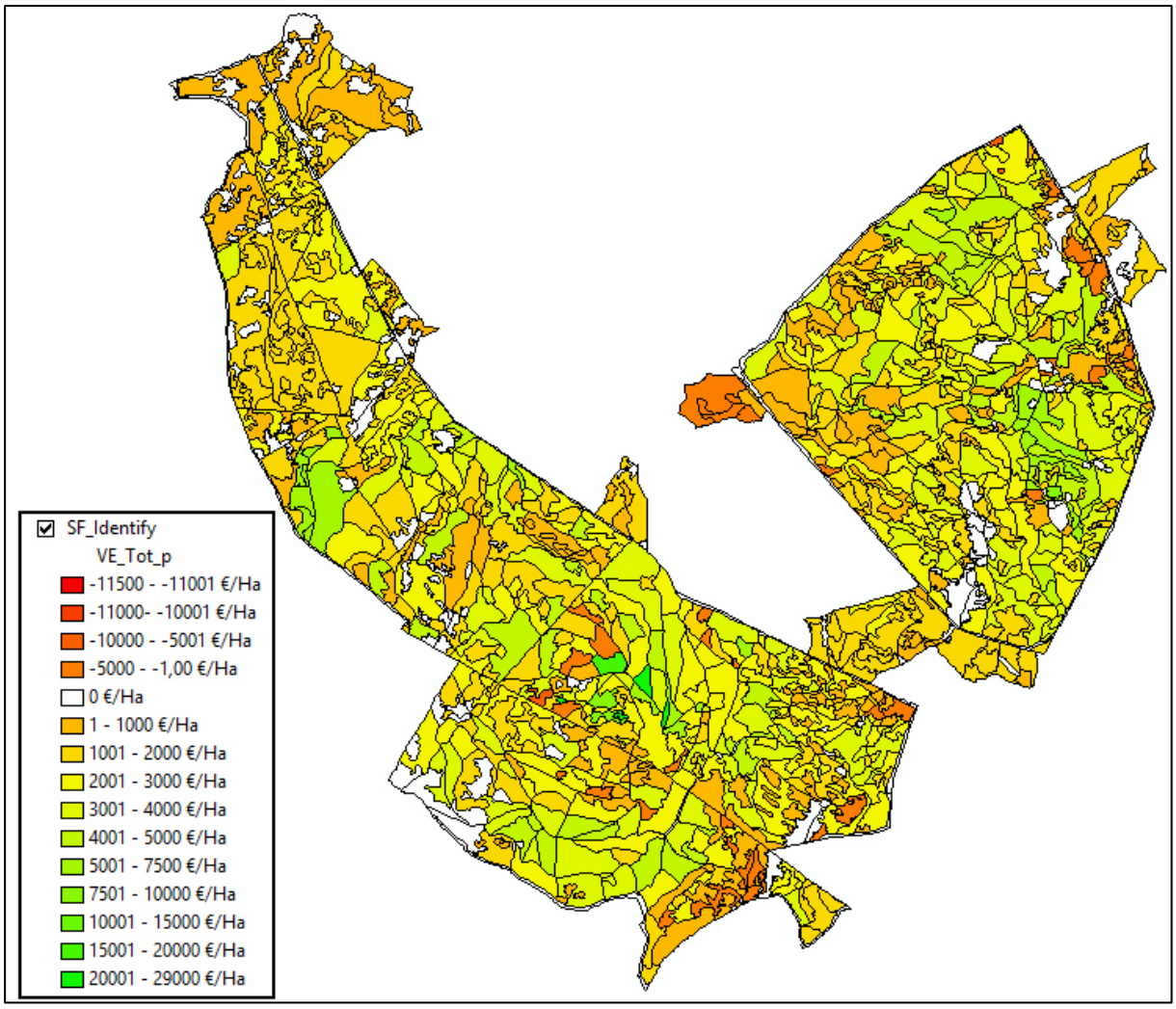


Figura 36 – Rappresentazione del valore economico parametrico per ciascuna SF delle foreste di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

4.2. IL VALORE ECONOMICO TOTALE (VET)

In questo paragrafo verrà calcolato il valore economico totale (VET) per l'area forestale compresa all'interno delle foreste di Anela, Fiorentini e Monte Pisanu, seguendo le indicazioni riportate sinteticamente nel precedente capitolo 2.

4.2.1. Tipologia di Servizi Ecosistemici Forestali considerati

Per la valutazione economica dei SEF si è fatto riferimento ad indicatori biofisici determinabili grazie all'utilizzo di dati facilmente reperibili e aggiornabili e non a complessi modelli matematici. Utilizzando la suddivisione proposta dal CICES (Common International Classification of Ecosystem Services), sono stati determinati nel dettaglio i proventi economici derivanti da sei servizi ecosistemici. La scelta di questi indicatori biofisici è stata motivata dalle seguenti osservazioni:

- Considerare le principali classi di Servizi Ecosistemici, in modo da rappresentare le complesse interazioni del paesaggio. Secondo il CICES le principali tipologie sono: approvvigionamento, regolazione e culturali;
- Considerare Servizi Ecosistemici che descrivano le principali funzioni delle foreste, dove convivono differenti fattori di produttività, di qualità ecologica e di qualità culturale;
- Utilizzare indicatori caratteristici delle foreste e territori presenti in Sardegna, in modo da rendere possibile una caratterizzazione univoca di tutto il territorio forestale.

Nella tabella seguente vengono riportati i sei indicatori biofisici considerati e le varie metodologie di stima e parametri economici utilizzati in seguito per svolgere la valutazione monetaria. L'approccio sotto descritto ha permesso di ricercare i dati effettivamente necessari per procedere alla valutazione economica di ciascuna funzione prodotta dai servizi ecosistemici forestali, evitando così di dover raccogliere catalogare e gestire numerosi dati non necessari.

Tabella 35 – Descrizione degli indicatori biofisici ed economici utilizzati per la valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali. [Fonte: "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", edizione 2018, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale].

SEF		Indicatore biofisico	Unità misura	Indicatore economico	Metodo di stima	Unità misura
APPROVVIGIONAMENTO	Legname da lavoro	Volume di legname da lavoro	m^3/Ha q.li/Ha	Valore di mercato del legname da lavoro	Prezzo di mercato	€
	Legname per uso energetico	Volume di legname per uso energetico	m^3/Ha q.li/Ha	Valore di mercato del legname per uso energetico	Prezzo di mercato	€
	Sughero	Quantità di sughero	m^3/Ha q.li/Ha	Valore di mercato del sughero	Prezzo di mercato	€

REGOLAZIONE	Protezione idrogeologica	Estensione della superficie protetta dalle foreste rispetto a fenomeni erosivi	Ha	Valore di surrogazione della funzione protettiva delle foreste	Costo di surrogazione	€
	Sequestro di Carbonio	Quantità di carbonio assorbito	t/Ha	Valore di mercato del carbonio assorbito	Prezzo di mercato	€
CULTURALI	Turismo	Arrivi	Numero arrivi turisti	Valore delle visite	Travel cost o CVM	€

A partire dalle tipologie di dati indicati nella tabella è stato quindi possibile ricercare i valori necessari per l'applicazione delle differenti metodologie di stima indicate. Nei paragrafi seguenti verranno presi in esame singolarmente ciascuno di questi SEF, suddivisi per tipologie.

4.2.2. Servizi Ecosistemici Forestali non valutati economicamente

Dalla tabella precedente si può notare come siano stati riportati indicatori appartenenti soltanto ai seguenti valori del Valore Economico Totale:

- Valori di uso diretti: a questa tipologia appartengono gli indicatori legname da lavoro, legname per uso energetico, sughero (estrattivi) e turismo (non estrattivo);
- Valori di uso indiretti: a questa categoria appartengono gli indicatori di protezione idrogeologica e sequestro di carbonio.

Nella valutazione economica di seguito riportata non sono quindi state considerate tutte le altre componenti del VET come ad esempio il valore di non uso che comprende al suo interno il valore di esistenza del bene, il valore di altruismo e il valore di lascito del bene. Si rimanda al paragrafo §2.1.1 per una descrizione di tali valori. La scelta di non considerare i valori di non uso è stata determinata dal fatto di non voler sovrastimare il bene in oggetto: infatti se da un lato viene riconosciuto un valore economico derivante anche soltanto dalla presenza del bene, dall'altro lato è molto complesso arrivare ad una definizione monetaria precisa e basata su dati certi ed oggettivi. Per lo stesso motivo non verranno valutati economicamente tutti gli altri valori di uso diretto non indicati in precedenza ma presenti nell'area considerata, come ad esempio la presenza dell'attività venatoria o la produzione dei frutti pendenti, in quanto risultava complessa la determinazione delle quantità prodotte o disponibili all'interno delle foreste.

Questi parametri non sono quindi compresi all'interno del VET stimato in questo elaborato: tale valore rappresenterà quindi, in modo cautelativo, un limite inferiore del Valore Economico Totale reale e comprendente tutte le varie parti effettivamente presenti.

4.2.3. Funzione di approvvigionamento

La funzione ecosistemica di approvvigionamento consiste nella potenziale fornitura di legname da utilizzare per fini di lavoro oppure per usi energetici e la produzione di sughero e sugherone. Questo primo contributo considerato nel Valore Economico Totale è già stato analizzato in precedenza e corrisponde al contributo dei ricavi provenienti dagli assortimenti disponibili nelle tre foreste demaniali, importante voce analizzata per la determinazione del valore economico.

4.2.3.1. Legname da lavoro

In questo paragrafo viene riportato il valore del legname da lavoro presente nelle tre Unità Gestionali di Base. Per la determinazione di tale valore si rimanda ai procedimenti descritti in precedenza. (Paragrafo §4.1.3.1.)

Nell'estratto sotto riportato si può osservare un esempio dei risultati ottenuti per alcune sottoparticelle forestali. In particolare, viene evidenziato il procedimento di calcolo per le prime tre specie più rappresentate di ciascuna sottoparticella forestale; per le restanti specie vale il medesimo procedimento. Si rimanda all'"Allegato 9: VET – Funzione di approvvigionamento, legname da lavoro"[20] per la consultazione completa dei valori ottenuti dalla presenza del legname da lavoro, suddivisi per ciascuna sottoparticella forestale.

Tabella 36 – Estratto foglio di calcolo per la valutazione economica della funzione di approvvigionamento, legname da lavoro, per ciascuna sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Superficie Netta [Ha]	1ª Specie [-]	Provvigione Utile 1ª Specie (netta) [m³]	Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore approvvig 1ª Specie [€]	2ª Specie [-]	Provvigione Utile 2ª Specie (netta) [m³]
382	2,45027	Leccio	0,00	11,00	6,19	€ 0,00	Roverella	0,00
383	1,691243	Leccio	0,00	11,00	6,19	€ 0,00	Roverella	0,00
385	10,26965	Leccio	0,00	11,00	6,19	€ 0,00	Roverella	0,00
493	5,088267	Leccio	0,00	11,00	6,19	€ 0,00	Roverella	0,00
494	3,746337	Leccio	0,00	11,00	6,19	€ 0,00	Roverella	0,00

Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore approvv 2ª Specie [€]	3ª Specie [-]	Provvigione Utile 3ª Specie (netta) [m³]	Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore approvv legname da lavoro [€]
9,80	6,19	€ 0,00	-	-	-	-	€ 0,00
9,80	6,19	€ 0,00	-	-	-	-	€ 0,00
9,80	6,19	€ 0,00	Agrifoglio	0,00	-	-	€ 0,00
9,80	6,19	€ 0,00	-	-	-	-	€ 0,00
9,80	6,19	€ 0,00	-	-	-	-	€ 0,00

[20] Allegato 9: https://tinyurl.com/SEF-All-09

Tabella 37 – Riepilogo valore del servizio ecosistemico di approvvigionamento del legname da lavoro per ciascuna Unità Gestionale di Base presente. [Fonte: elaborazione dell'autore.]

UGB [-]	Funzione di approvvigionamento, legname da lavoro [€]	Valore parametrico [€]
Anela	€ 302.903	€ 287,37
Fiorentini	€ 243.008	€ 160,48
Monte Pisanu	€ 880.853	€ 450,45
Totale	**€ 1.426.765**	**€ 315,39**

4.2.3.2. Legname per uso energetico

In questo paragrafo viene riportato il valore del legname da lavoro presente nelle tre Unità Gestionali di Base. Per la determinazione di tale valore si rimanda ai procedimenti descritti in precedenza. (Paragrafo § 4.1.3.1.)

Nell'estratto sotto riportato si può osservare un esempio dei risultati ottenuti per alcune sottoparticelle forestali. In particolare, viene evidenziato il procedimento di calcolo per le prime due specie più rappresentate di ciascuna sottoparticella forestale; per le restanti specie vale il medesimo procedimento. Si rimanda all'"Allegato 10: VET – Funzione di approvvigionamento, legname per uso energetico"[21] per la consultazione completa dei valori ottenuti dalla presenza del legname per uso energetico, suddivisi per ciascuna sottoparticella forestale.

Tabella 38 – Estratto foglio di calcolo per la valutazione economica della funzione di approvvigionamento, legname ad uso energetico, per ciascuna sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Superficie Netta [Ha]	1ª Specie [-]	Provvigione Utile 1ª Specie (netta) [m³]	Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore approvvig 1ª Specie [€]
382	2,45027	Leccio	401,906	11,00	6,19	€ 27.365,75
383	1,691243	Leccio	277,406	11,00	6,19	€ 18.888,58
385	10,26965	Leccio	1580,499	11,00	6,19	€ 107.616,18
493	5,088267	Leccio	685,199	11,00	6,19	€ 46.655,18
494	3,746337	Leccio	546,216	11,00	6,19	€ 37.191,84

2ª Specie [-]	Provvigione Utile 2ª Specie (netta) [m³]	Massa volumica stato fresco [q.li/m³]	Valore mercato unitario [€/q.le]	Valore approvv 2ª Specie [€]	Valore approvv legname per uso energetico [€]
Roverella	44,656	9,80	6,19	€ 2.708,93	€ 30.074,68
Roverella	30,823	9,80	6,19	€ 1.869,78	€ 20.758,36
Roverella	197,562	9,80	6,19	€ 11.984,53	€ 119.600,70
Roverella	76,133	9,80	6,19	€ 4.618,39	€ 51.273,58
Roverella	60,691	9,80	6,19	€ 3.681,62	€ 40.873,46

[21] Allegato 10: https://tinyurl.com/SEF-All-10

Tabella 39 – Riepilogo valore del servizio ecosistemico di approvvigionamento del legname ad uso energetico per ciascuna Unità Gestionale di Base presente. [Fonte: elaborazione dell'autore.]

UGB [-]	Funzione di approvvigionamento, legname ad uso energetico [€]	Valore parametrico [€]
Anela	€ 7.852.803	€ 7450,19
Fiorentini	€ 8.436.968	€ 5.571,75
Monte Pisanu	€ 12.348.127	€ 6.314,59
Totale	**€ 28.637.899**	**€ 6.330,55**

4.2.3.3. Sughero gentile e sugherone

Per quanto riguarda il valore del servizio ecosistemico di approvvigionamento per quanto riguarda l'estrazione di sughero gentile e sugherone si rimanda alla consultazione dell'"Allegato 5: Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di sughero gentile e sugherone disponibile in ciascuna SF classificata come sughereta". Nella tabella seguente viene riportato un riepilogo di tale valore di approvvigionamento, suddiviso per Unità Gestionale di Base.

Tabella 40 – Riepilogo valore del servizio ecosistemico di approvvigionamento del sughero per ciascuna Unità Gestionale di Base presente. [Fonte: elaborazione dell'autore.]

UGB [-]	Funzione di approvvigionamento, estrazione di sughero gentile e sugherone [€]	Valore parametrico [€]
Anela	€ 16.629	€ 15,78
Fiorentini	€ 1.512.009	€ 998,53
Monte Pisanu	€ 368.449	€ 188,42
Totale	**€ 1.897.087**	**€ 419,36**

4.2.4. Funzione di regolazione

Le foreste, oltre ad essere una grande fonte di produzione di elementi e risorse naturali, hanno anche un importante funzione di protezione e regolazione ambientale. Quest'ultima non riguarda soltanto esclusivamente la zona boscata, ma i benefici prodotti vengono anche usufruiti dalle pianure e dagli insediamenti umani. Vengono analizzati di seguito i principali servizi ecosistemici di regolazione, quali la protezione idrogeologica ed il sequestro di Carbonio, sotto forma di CO_2.

4.2.4.1. Protezione idrogeologica

In Italia il dissesto idrogeologico rappresenta un grave problema ed è diffuso a livello capillare su tutto il territorio nazionale: si intendono tutti quei fenomeni e danni che sono causati dalle acque in generale. I principali fenomeni idrogeologici sono alluvioni, frane, erosioni costiere e subsidenze. I fattori che favoriscono questa situazione possono essere sia di tipo naturali, quali ad esempio la conformazione geologica e geomorfologica, oppure di tipo antropico come l'abusivismo edilizio, il continuo disboscamento e l'abbandono dei territori montani e impervi.

Le foreste, specialmente se ben curate e gestite, riducono il rischio idrogeologico dei territori, proteggendo le aree boscate dai pericoli naturali: esse svolgono la funzione di barriere contro inondazioni, piogge torrenziali e forti raffiche di vento e limitano l'erosione del suolo e la formazione di smottamenti.

Per una valutazione economica di questa importante funzione di protezione il metodo di stima utilizzato è quello del costo di surrogazione o sostituzione, il quale considera il valore di un altro intervento avente la stessa utilità. Per garantire lo stesso livello di protezione idrogeologica, in assenza delle foreste, si ipotizzano degli interventi di ingegneria naturalistica. La tipologia di questi ultimi varia esclusivamente in funzione dell'attributo "pendenza media", riportato nel registro particellare per ciascuna sottoparticella forestale. Nella seguente tabella sono riportati gli interventi ipotizzati in funzione della pendenza.

Tabella 41 – Interventi di ingegneria naturalistica in funzione della pendenza della sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Pendenza media [-]	Inclinazione [°]	Intervento [-]	Importo [€/m^2]	Codice Prezziario [-][22]
p < 5%	α < 2,9	Nessuno	-	-
5% < p < 15%	2,9 < α < 8,6	Nessuno	-	-
15% < p < 30%	8,6 < α < 17,5	Nessuno	-	-
30% < p < 50%	17,5° < α < 30	Idrosemina	1,78	SAR19_PF_0006.0001.0009
50% < p < 80%	30 < α < 53	Idrosemina a spessore	2,55	SAR19_PF_0006.0001.0010
50% < p < 80%	30 < α < 53	Palificata viva di versante doppia	183,10	SAR19_PF_0006.0001.0083

Gli interventi di idrosemina prevedono l'inerbimento di superfici piane ed inclinate con aspersione di miscele apposite composte da acqua e sementi; nell'idrosemina a spessore vengono inoltre utilizzate fibre organiche per favorire l'attecchimento. La palificata doppia invece viene realizzata con una incastellatura di tronchi di castagno, al cui interno vengono inserite essenze autoctone idonee. Per la

[22] Prezziario regionale dei lavori pubblici – Regione Sardegna, anno 2019

descrizione dettagliata degli interventi, comprensivi di costi di manodopera, spese generali e utile d'impresa, si rimanda alle rispettive voci riportate nel prezzario Regione Sardegna 2019.

Nelle figure sottostanti viene riportata la classificazione delle sottoparticelle forestali, secondo l'attributo della pendenza media; la rappresentazione del territorio è stata realizzata utilizzando ed interrogando in modo opportuno il modello GIS realizzato e descritto in precedenza.

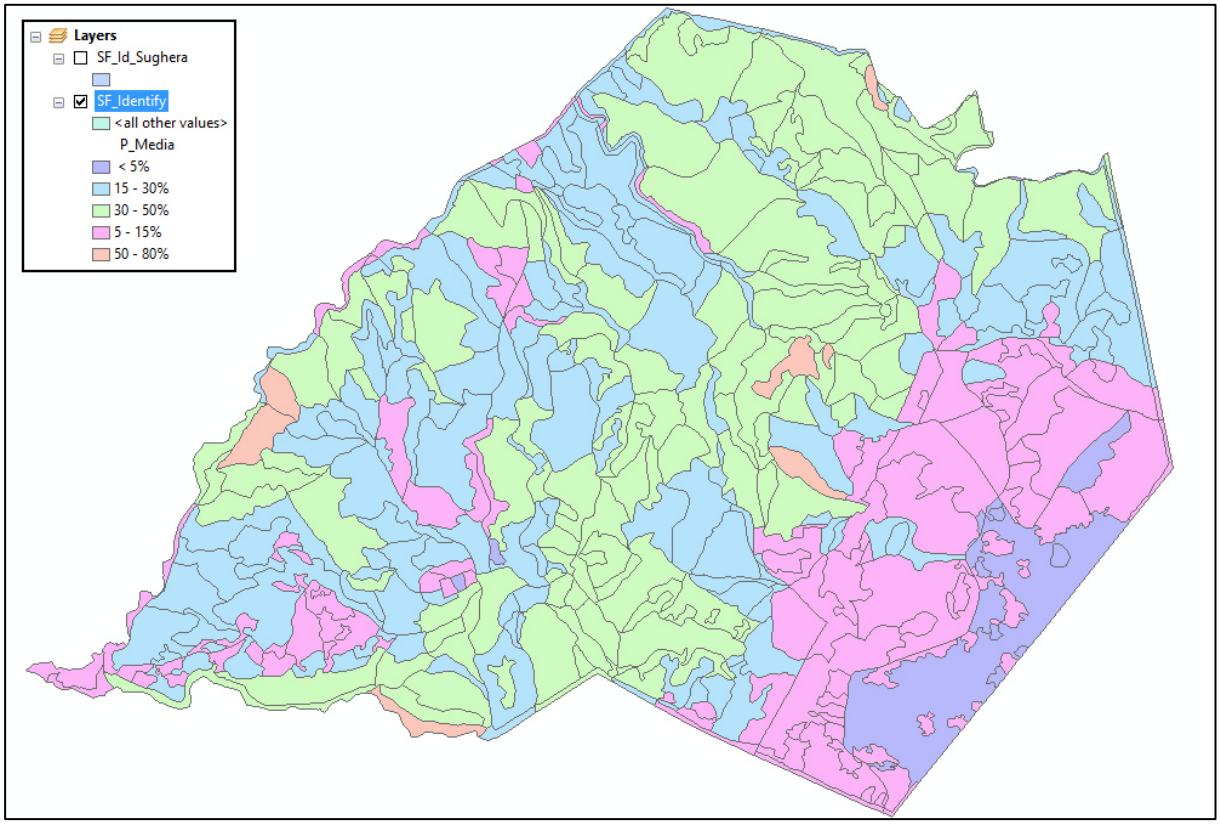


Figura 37 – Rappresentazione e classificazione SF compresa forestale Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Inoltre, effettuando alcune analisi sul modello GIS, è stato possibile ricavare alcuni dati relativi alla conformazione dell'area in oggetto, quali ad esempio il numero di particelle con un determinato valore della pendenza e le varie incidenze percentuali. I valori ottenuti sono stati riepilogati nella tabella successiva. Si può osservare che la maggior parte delle sottoparticelle forestali, oltre il 60%, presentano una pendenza media compresa tra il 15% ed il 50%, mentre una minima parte presentano una pendenza media inferiore al 5% oppure compresa tra il 50% e l'80%.

Tabella 42 – Classificazione in base alla pendenza media e incidenza percentuale delle sottoparticelle forestali presenti nelle tre UGB rispetto alle particelle ed alla superficie totale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Pendenza	Fiorentini			Anela			Monte Pisanu		
	N° SF	Inc SF [%]	Inc Sup [%]	N° SF	Inc SF [%]	Inc Sup [%]	N° SF	Inc SF [%]	Inc Sup [%]
p < 5%	9	2,84	5,18	3	1,06	0,23	37	9,16	17,07
5% < p < 15%	72	22,78	21,36	43	15,14	11,98	65	16,09	14,80
15% < p < 30%	118	37,36	33,41	115	40,49	40,80	168	41,58	36,68
30% < p < 50%	111	35,12	38,50	116	40,85	45,03	122	30,20	28,39
50% < p <80%	6	1,90	1,55	7	2,46	1,96	12	2,97	3,06
Totale	**316**	**100**	**100**	**284**	**100**	**100**	**404**	**100**	**100**

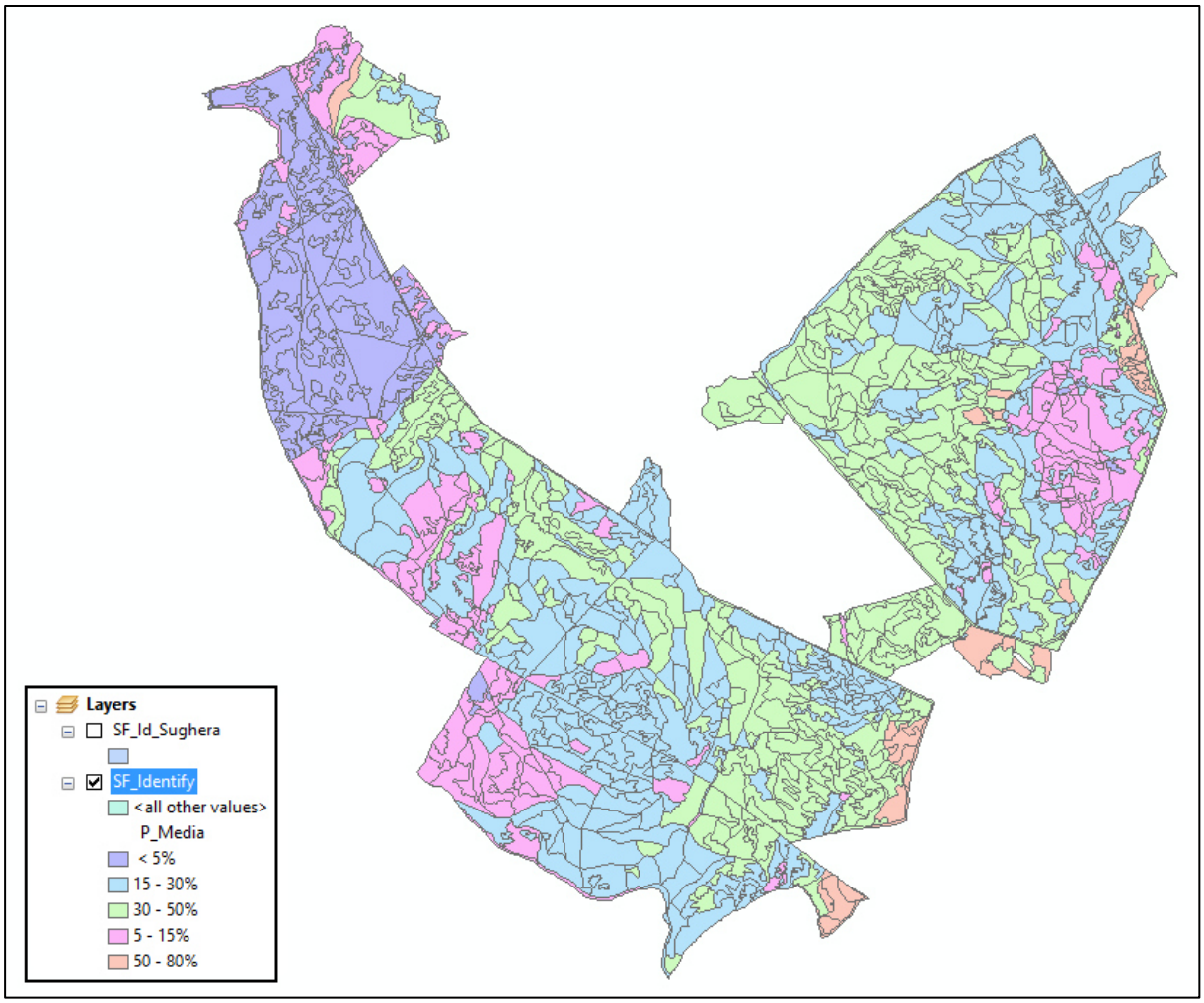


Figura 38 – Rappresentazione e classificazione SF comprese forestali di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Dopo aver individuato i parametri descritti in precedenza, è possibile calcolare il valore economico di surrogazione per tutte le sottoparticelle presenti secondo le indicazioni riportate nella tabella 41: sarà infatti sufficiente moltiplicare il valore delle superfici interessate dall'intervento per l'importo unitario dell'intervento stesso, a seconda che si tratti di inerbimento con idrosemina oppure di inerbimento con idrosemina a spessore.

Per quanto riguarda la realizzazione ed il costo delle palificate vive doppie di versante è necessario procedere in modo differente. Queste opere puntuali sono state ipotizzate soltanto nelle sottoparticelle forestali ove la pendenza media è compresa tra il 50% e l'80% e presentano un elevato dislivello di quota lungo i versanti. Le palificate sono state ipotizzate con una profondità pari a due metri. La lunghezza lineare necessaria e la posizione delle palificate da realizzare in ciascuna sottoparticella forestale sono state dedotte osservando il modello 3D del terreno, andando a disporle ortogonalmente alla linea di massima pendenza del versante di riferimento. Queste opere puntuali, rappresentate da una linea rossa continua all'interno del modello GIS, sono riportate nelle figure seguenti.

Nelle tabelle successive sono riportati invece i dati geometrici delle palificate realizzate per ciascuna delle sottoparticelle forestali interessate, nonché la valutazione economica di tale intervento.

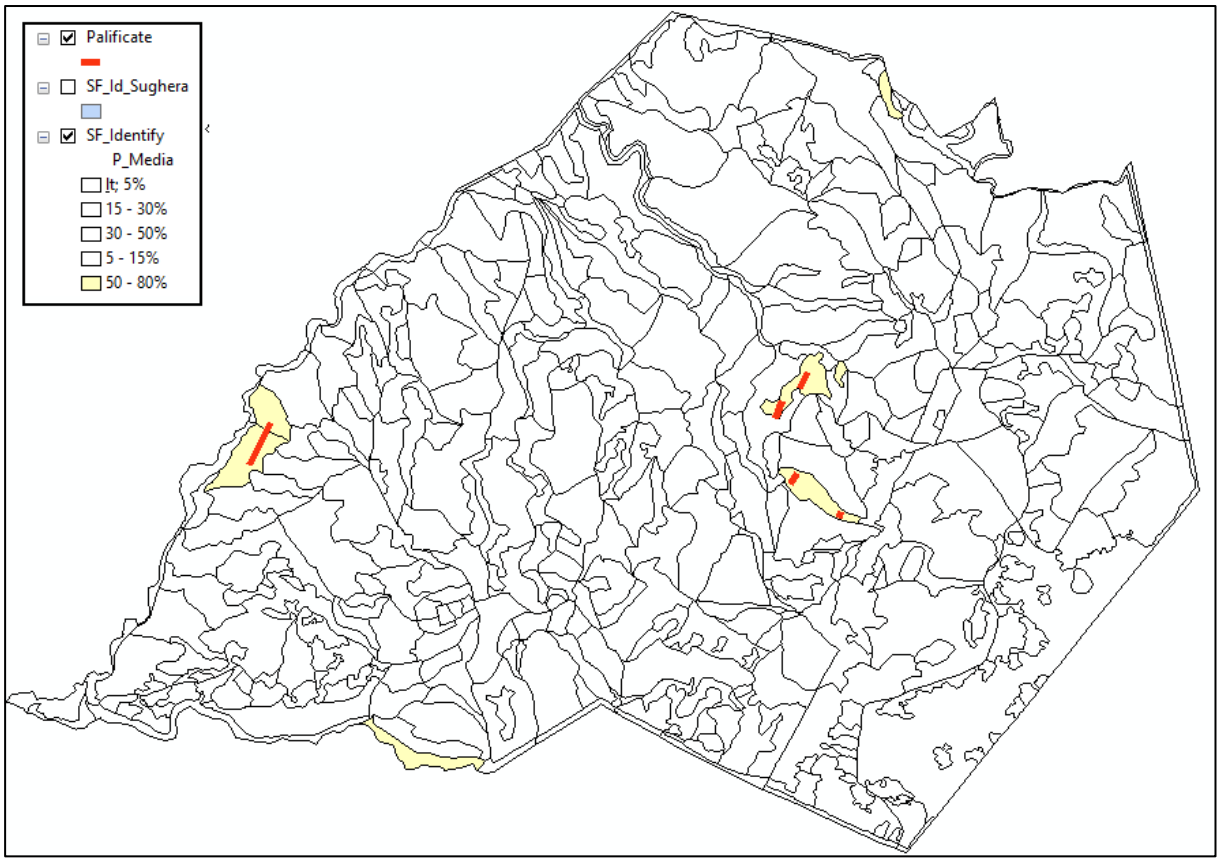


Figura 39 – Rappresentazione e individuazione palificate realizzate nella compresa forestale di Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Tabella 43 – Realizzazione delle palificate vive di versante doppie – Descrizione e valutazione economica interventi in UGB Fiorentini. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Pendenza media [%]	Tipologia intervento [-]	Lunghezza [m l]	Superficie [m^2]	Costo unitario [€/m^2]	Valore economico [€]
7325	50÷80	Nessuna palificata	-	-	€ -	€ -
7342	50÷80	Palificata di versante doppia	107,07	214,134	€ 183,10	€ 39.207,94
7515	50÷80	Nessuna palificata	-	-	€ -	€ -
7561	50÷80	Palificata di versante doppia	198,48	396,96	€ 183,10	€ 72.683,38
7594	50÷80	Palificata di versante doppia	50,00	100,00	€ 183,10	€ 18.310,00
7717	50÷80	Palificata di versante doppia	191,74	383,48	€ 183,10	€ 70.215,19
Totale costo delle palificate doppie di versante – Fiorentini						**€ 200.416,50**

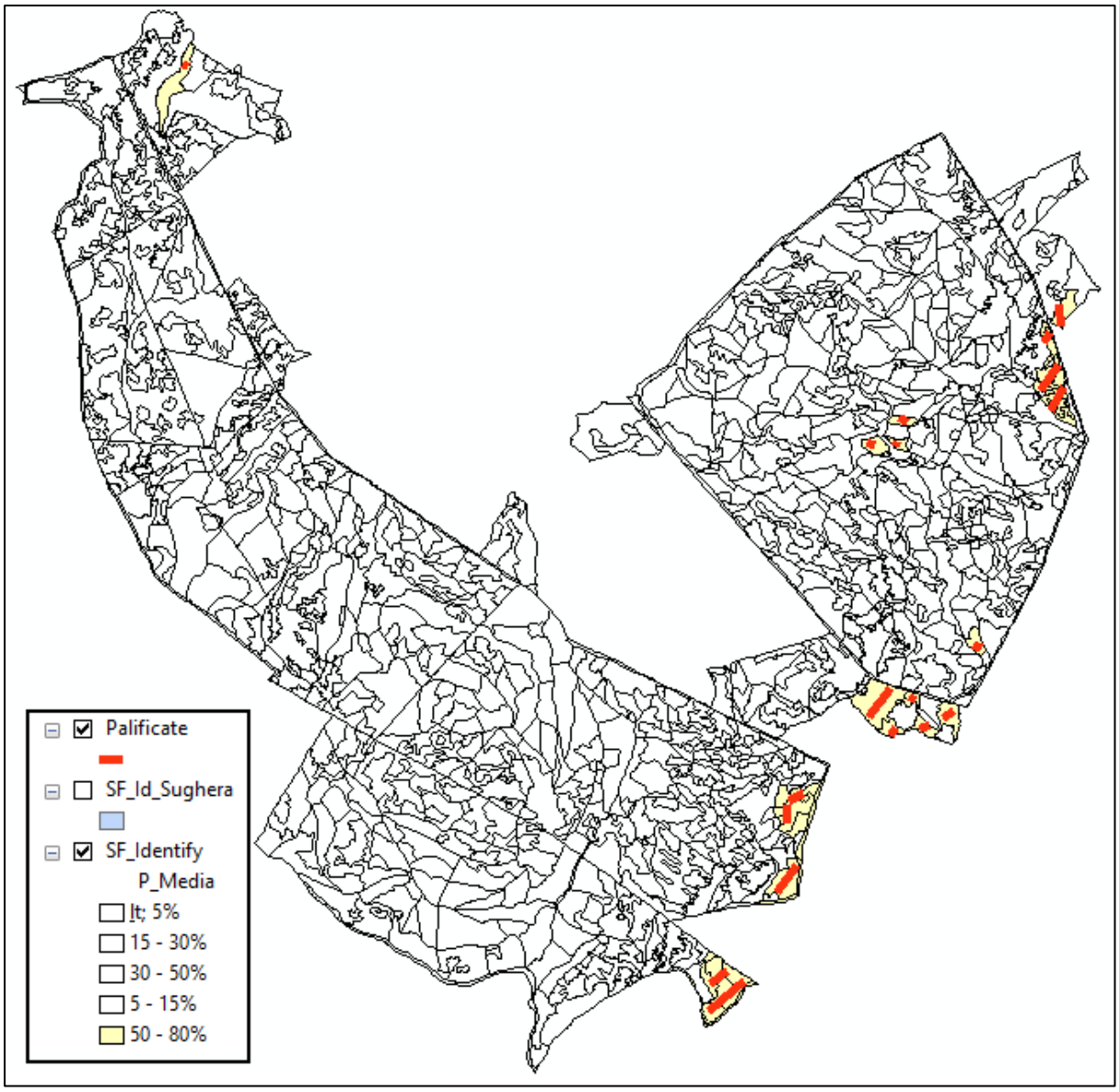


Figura 40 – Rappresentazione e individuazione palificate realizzate nelle comprese forestali di Anela e Monte Pisanu. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: -). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Tabella 44 – Realizzazione delle palificate vive di versante doppie – Descrizione e valutazione economica interventi in UGB Anela e Monte Pisanu. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Pendenza media [%]	Tipologia intervento [-]	Lunghezza [m l]	Superficie [m^2]	Costo unitario [€/m^2]	Valore economico [€]
383	50÷80	Palificata di versante doppia	72,42	144,84	€ 183,10	€ 26.520,20
771	50÷80	Palificata di versante doppia	213,55	427,1	€ 183,10	€ 78.202,01
2072	50÷80	Palificata di versante doppia	183,78	367,56	€ 183,10	€ 67.300,24

Id SF [-]	Pendenza media [%]	Tipologia intervento [-]	Lunghezza [m l]	Superficie [m^2]	Costo unitario [€/m^2]	Valore economico [€]
8199	50÷80	Palificata di versante doppia	106,33	212,66	€ 183,10	€ 38.938,05
8200	50÷80	Palificata di versante doppia	219,05	438,1	€ 183,10	€ 80.216,11
8201	50÷80	Palificata di versante doppia	174,13	348,26	€ 183,10	€ 63.766,41
8202	50÷80	Palificata di versante doppia	87,65	175,3	€ 183,10	€ 32.097,43
7961	50÷80	Palificata di versante doppia	162,46	324,92	€ 183,10	€ 59.492,85
7962	50÷80	Palificata di versante doppia	134,71	269,42	€ 183,10	€ 49.330,80
7964	50÷80	Nessuna palificata	-	-	€ -	€ -
7985	50÷80	Palificata di versante doppia	282,58	565,16	€ 183,10	€ 103.480,80
7987	50÷80	Nessuna palificata	-	-	€ -	€ -
7992	50÷80	Palificata di versante doppia	56,82	113,64	€ 183,10	€ 20.807,48
8062	50÷80	Palificata di versante doppia	349,67	699,34	€ 183,10	€ 128.049,15
8063	50÷80	Palificata di versante doppia	105,74	211,48	€ 183,10	€ 38.721,99
8064	50÷80	Palificata di versante doppia	114	228	€ 183,10	€ 41.746,80
8066	50÷80	Nessun intervento	-	-	€ -	€ -
8177	50÷80	Palificata di versante doppia	310,74	621,484	€ 183,10	€ 113.793,72
8179	50÷80	Palificata di versante doppia	351,19	702,38	€ 183,10	€ 128.605,78
Totale costo delle palificate doppie di versante – Anela e Monte Pisanu						**€ 1.071.069,82**

Sommando il valore economico relativo agli interventi di palificata viva doppia di versante agli altri interventi, si ottiene il valore economico di surrogazione della protezione idrogeologica. Si riporta un estratto della tabella, dove sono stati anche indicati i parametri ricavati dal database, necessari per la valutazione economica. Per completezza, nell'"Allegato 11: VET – Funzione di regolazione, protezione idrogeologica"[23], vengono riportati i valori economici per ciascuna sottoparticella forestale presente. A seguire vengono riepilogati i risultati ottenuti, suddivisi per Unità Gestionale di Base e classe di pendenza media.

Tabella 45 – Estratto foglio di calcolo per la valutazione economica della funzione di regolazione, protezione idrogeologica. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	Superficie Netta [Ha]	Altiutd min [m slm]	Δ [m]	Altitudine Max [m slm]	Pendenza media [%]	Tipologia intervento	Costi unitari [€/m²]	Valore economico [€]	Valore Parametrico [€/Ha]
382	2,45027	910	76	986	30÷50%	Idrosemina	€ 1,78	€ 43.614,81	€ 17.800,00
383	1,69124	922	65	987	50 ÷80%	Idrosemina a spessore	€ 2,55	€ 69.646,90	€ 41.180,90
385	10,2697	1064	67	1131	15 ÷30%	Nessuno	€ -	€ -	€ -
493	5,08827	955	76	1031	30 - 50%	Idrosemina	€ 1,78	€ 90.571,15	€ 17.800,00
494	3,74634	933	92	1025	15 - 30%	Nessuno	€ -	€ -	€ -

Tabella 46 – Riepilogo risultati valutazione economica servizi ecosistemici di regolazione – Protezione idrogeologica. [Fonte: elaborazione dell'autore].

UGB [-]	SEZIONE [-]	Pendenza media [%]	Superficie totale [Ha]	Valore economico [€]
Fiorentini	A	p < 5%	78,441182	€ -
		5% < p < 15%	323,457226	€ -
		15% < p < 30%	505,899306	€ -
		30% < p < 50%	582,963095	€ 10.376.743,09
		50% < p <80%	23,477396	€ 799.090,10
		Totale	1514,23821	€ 11.175.833,19
Anela	B	p <5%	2,421479	€ -
		5%<p<15%	126,282733	€ -
		15%<p<30%	430,030792	€ -
		30%<p<50%	474,652171	€ 8.448.808,64
		50%<p<80%	20,651527	€ 913.654,38
		Totale	1054,0387	€ 9.362.463,02
Monte Pisanu	C	p <5%	333,779265	€ -
		5%<p<15%	289,360056	€ -
		15%<p<30%	717,329913	€ -
		30%<p<50%	555,249025	€ 9.883.432,65
		50%<p<80%	59,769223	€ 2.208.144,56
		Totale	1955,48748	€ 12.091.577,21
Valore di regolazione, protezione idrogeologica			**€**	**32.629.873,42**

[23] Allegato 11: https://tinyurl.com/SEF-All-11

Per ciascuna sottoparticella forestale viene infine determinato un valore parametrico riferito ad un ettaro di superficie, ottenuto dal rapporto tra il valore economico e la superficie della sottoparticella forestale. Tali valori sono indicati nell'allegato indicato in precedenza.

Nelle figure successive è stato rappresentato il valore parametrico per ciascuna area, utilizzando il modello GIS. In questo modo è stato possibile attribuire una tematizzazione alle varie sottoparticelle forestali, mediante una scala quantitativa.

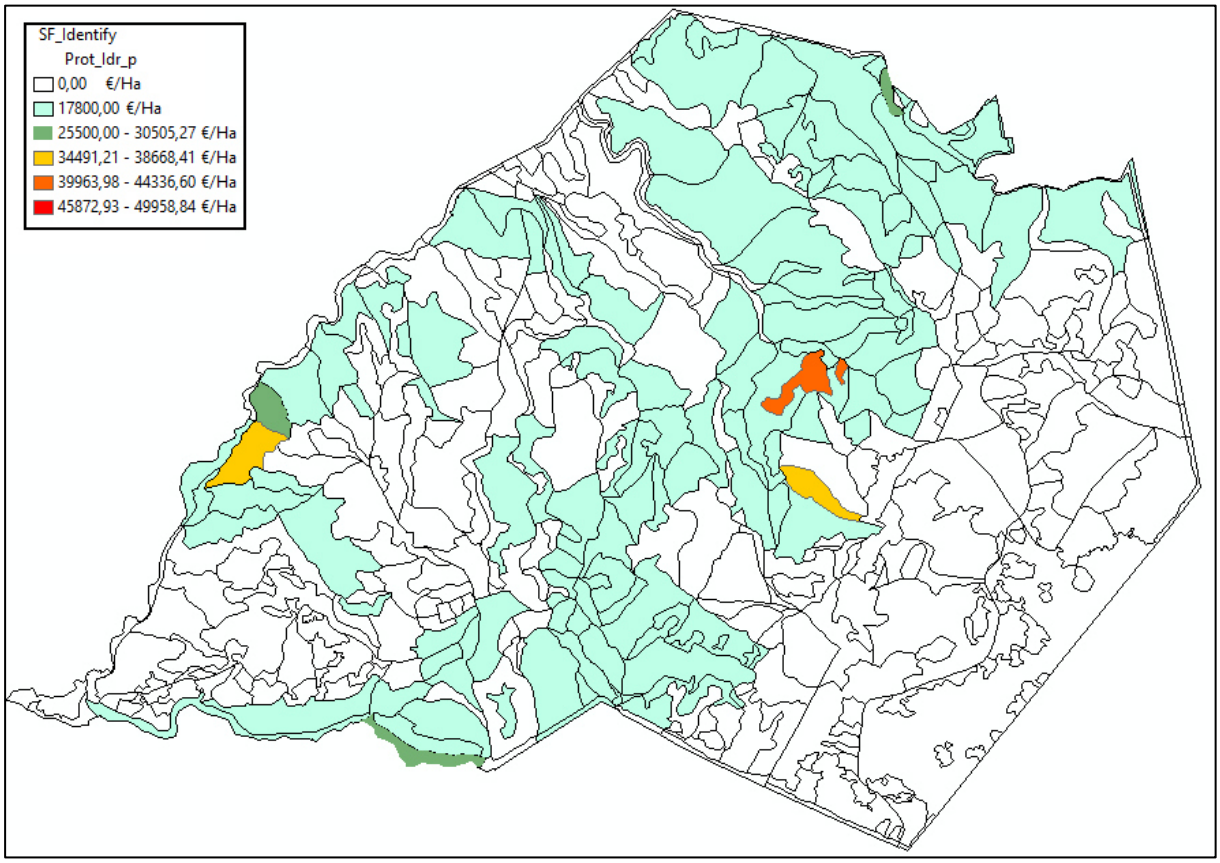


Figura 41 – Rappresentazione del valore parametrico di surrogazione per la compresa forestale di Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Dall'analisi dei risultati ottenuti si possono sottolineare le seguenti indicazioni:

- Il valore parametrico più rappresentato è € 0,00 in quanto su numerosissime sottoparticelle forestali non è stato previsto nessun intervento. Queste aree sono rappresentate con il colore bianco;
- Un altro valore parametrico parecchio rappresentativo è pari a € 17.800,00 a ettaro. Esso corrisponde alle aree ove è stato previsto soltanto un inerbimento con idrosemina;
- Infine altre sottoparticelle forestali hanno valori parametrici variabili partendo da € 25.500 fino a € 49.958,84 ad ettaro. Il primo valore indicato fa riferimento alle aree dove è previsto l'inerbimento con idrosemina a spessore. Gli incrementi successivi del valore di riferimento sono dovuti alla presenza delle opere puntuali delle palificate vive di versante. Si può infatti notare che le aree evidenziate dal verde al rosso sono le stesse che erano state evidenziate con la pendenza compresa tra il 50% e l'80% nelle figure 40 e 41;

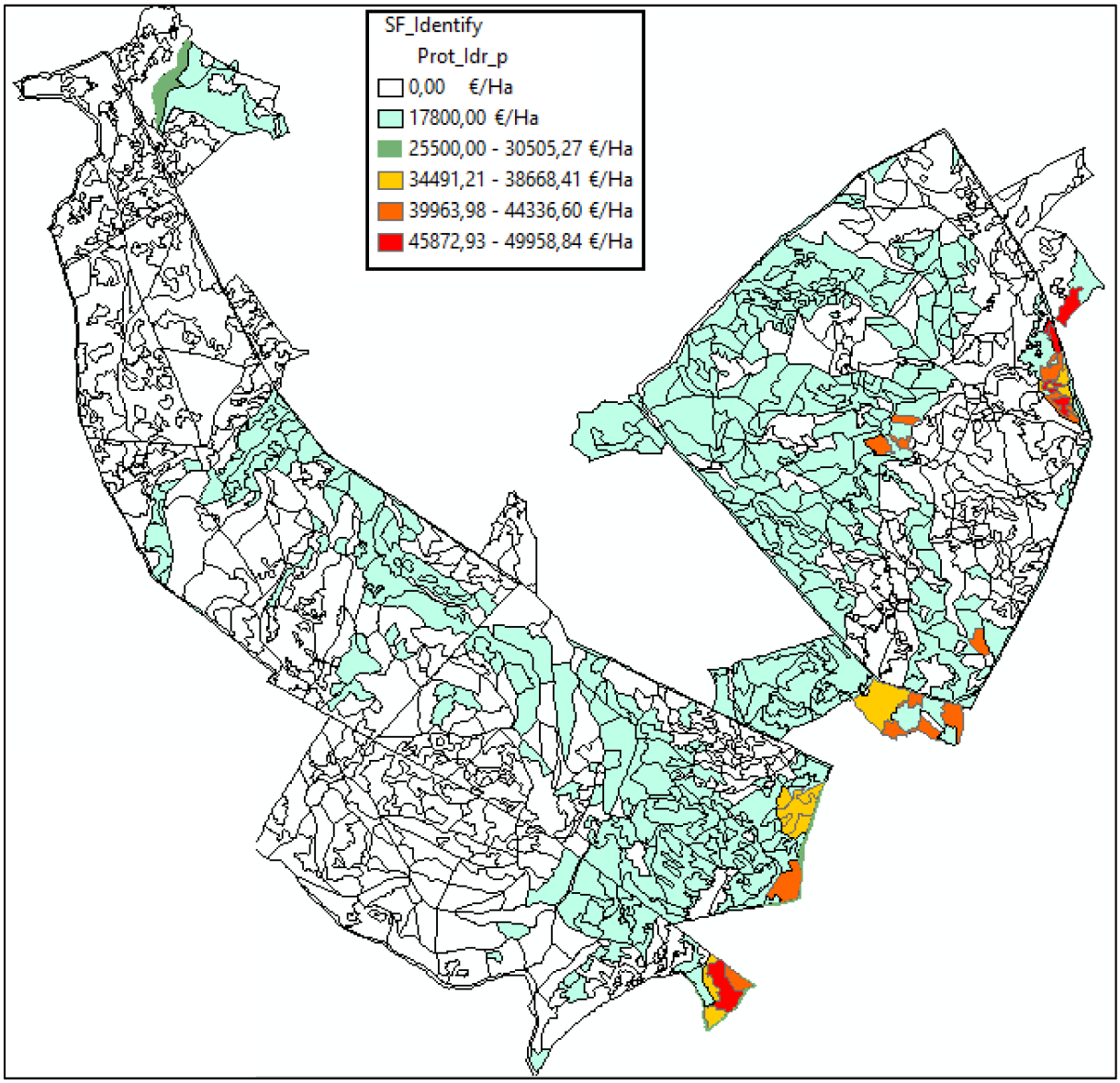


Figura 42 – Rappresentazione del valore parametrico di surrogazione per le comprese forestali di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

4.2.4.2. Sequestro di Carbonio

Un altro importante servizio ecosistemico di regolazione svolto dalle foreste a favore dell'ambiente è rappresentato dall'assorbimento di carbonio, presente in atmosfera sotto forma di anidride carbonica (CO_2).

La CO_2 è un gas inodore, incolore ed inerte presente nell'atmosfera terrestre in concentrazioni limitate. Essa fa inoltre parte dei cosiddetti gas ad effetto serra (chiamati anche gas climalteranti), ovvero quei gas che favoriscono la termoregolazione naturale del pianeta garantendo una condizione ottimale per la vita umana. L'anidride carbonica viene prodotta dalle attività antropiche quali ad esempio trasporti, produzione di elettricità e riscaldamento, settore industriale agricolo.

A partire dagli anni 70 del secolo scorso, l'aumento delle emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera causate dalle attività umane, ha provocato l'aumento della temperatura media globale dell'intero pianeta e l'inizio dei cambiamenti climatici, i quali soprattutto negli ultimi anni hanno manifestato le loro conseguenze (violenti nubifragi e bombe d'acqua). I dati sulle emissioni di CO_2 evidenziano, dopo una crescita iniziale anche una lenta diminuzione, grazie agli accordi internazionali tra le principali potenze economiche (Protocollo di Kioto (1990.), Accordo di Parigi (2015) e Conferenza sul clima di Bonn (2017) per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra.

Un grande contributo naturale alla riduzione della CO_2 e altre sostanze inquinanti presenti in atmosfera (tra le principali si ricordano Ozono, ossidi di azoto ed il particolato) è dovuto alla presenza delle foreste. Gli alberi sono infatti in grado di assorbire la CO_2 presente e di immagazzinarla al loro interno per moltissimi anni eliminandola dall'ambiente. Come si vedrà in seguito ciascuna specie è caratterizzata da uno specifico fattore di assorbimento di anidride carbonica. Ad esempio, negli ultimi anni alcune aziende hanno iniziato a compensare la loro produzione di anidride carbonica piantando alberi in numero sufficiente. Si parla in questo caso di Carboon Footprint, ovvero il calcolo dell'impronta di Carbonio.

Un'altra causa dell'aumento delle emissioni di anidride carbonica è infatti l'abbattimento delle foreste presenti sul pianeta: la deforestazione viene spesso effettuata per ottenere terreni da coltivare, o per interessi legati alle necessità umane.

Nelle pagine seguenti viene analizzata la capacità di assorbimento delle foreste analizzate e la relativa quantificazione economica di tale beneficio ecosistemico, facendo riferimento al mercato delle quote di emissione della CO_2.

Nella tabella seguente sono riportate le quantità di CO_2 assorbita in media ogni anno da una pianta di ciascuna specie presente. I valori sono espressi in tonnellate/anno e chilogrammi/anno. Dall'analisi dei dati riportati si rilevano due valori eccessivi di assorbimento dell'anidride carbonica relativi alle specie di Cedro Atlante e Pioppo Bianco, rispettivamente pari a 4,9742 ton/anno e 6,0140 ton/anno. Per questi due valori anomali sarebbe necessario effettuare una valutazione più dettagliata per confermare il dato, tuttavia essendo la presenza di queste specie molto limitata all'interno delle foreste in oggetto, si è ritenuto opportuno considerare ugualmente tali valori.

Tabella 47 – Fattori di assorbimento CO_2 per specie presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da PRQA, Regione Toscana[24]].

Pianta [-]	Genere e Specie [-]	Assorbimento CO_2 [t/anno]	Assorbimento CO_2 [kg/anno]
Abete Greco	Abies cephalonica	0,0400	40,0
Acero Campestre	Acer campestre	0,0871	87,1
Acero Montano	Acer pseudoplatanus	0,0935	93,5
Acero Riccio	Acer platanoides	0,0805	80,5
Acero Trilobo	Acer monspessulanum	0,0003	0,3
Agrifoglio	Ilex aquifolium	0,0076	7,6
Biancospino	Crataegus monogyna	0,0545	54,5
Castagno	Castanea sativa	0,0400	40,0
Cedro Atlante	Cedrus atlantica	4,9742 (*)	4974,2
Cedro Deodara	Cedrus deodara	0,0637	63,7
Cedro Libano	Cedrus libani	0,2908	290,8
Ciliegio	Prunus avium	0,0814	81,4
Cipresso Arizonica	Cupressus arizonica	0,0073	7,3
Cipresso Comune	Cupressus sempervirens	0,0210	21,0
Cipresso Macrocarpa	Cupressus macrocarpa	0,0210	21,0
Conifere esotiche	Varie	0,0700	70,0
Corbezzolo	Arbutus unedo	0,0052	5,2
Douglasia	Pseudotsuga menziesii	0,1790	179,0
Faggio	Fagus sylvatica	0,4699	469,9
Fillirea	Phillyrea latifoglia	0,0033	3,3
Frassino ossifillo	Fraxinus angustifolia	0,0293	29,3
Leccio	Quercus ilex	0,0889	88,9
Nocciolo	Corylus avellana	0,0800	80,0
Noce	Juglans regia	0,0890	89,0
Olmo campestre	Ulmus minor	0,2009	200,9
Ontano nero	Alnus glutinosa	0,0190	19,0
Pero selvatico	Pyrus pyraster	0,0475	47,5
Pino d'aleppo	Pinus halepensis	0,0238	23,8
Pino marittimo	Pinus pinaster	0,0307	30,7
Pino nero	Pinus nigra	0,0894	89,4
Pioppo bianco	Populus alba	6,0140 (*)	6014,0
Pioppo nero	Populus nigra	0,0131	13,1
Pioppo tremolo	Populus tremula	0,1462	146,2
Quercia rossa	Quercus rubra	0,0889	88,9
Rovere	Quercus petraea	0,0889	88,9
Roverella	Quercus pubescens	0,1230	123,0
Salice	Salix sp	0,0300	30,0
Sughera	Quercus suber	0,0889	88,9
Tasso	Taxus baccata	0,0317	31,7

[24] Piano Regionale per la qualità dell'aria ambiente, https://tinyurl.com/yya5b6no

Per ciascuna sottoparticella forestale sono state già calcolate il numero di piante per ciascuna specie presente, come indicato dalla precedente tabella 15. Moltiplicando tale valore per il fattore di assorbimento di CO_2 si ottengono le tonnellate di CO_2 assorbita per ciascuna specie forestale e sottoparticella forestale.

Si riporta un estratto del foglio di calcolo utilizzato per la determinazione delle quantità di CO_2 assorbita. Nell'"Allegato 12: Determinazione delle quantità di CO_2 assorbita da ciascuna specie forestale presente in ciascuna SF"[25] vengono riportati i valori di assorbimento relativi all'intero complesso forestale.

Tabella 48 – Estratto foglio di calcolo per la determinazione delle quantità di CO_2 assorbita da ciascuna sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

IDSF [-]	Superficie Netta [Ha]	1ª Specie [-]	N° Piante 1ª specie [-]	Ass. CO_2 Specie [t/anno]	Ass. CO_2 [t/anno]	2ª Specie [-]	N° Piante 2ª specie [-]	Ass. CO_2 Specie [t/anno]	Ass. CO_2 [t/anno]
382	2,45027	Leccio	14885	0,0889	1323,3112	Roverella	1654	0,1230	203,4337
383	1,691243	Leccio	5480	0,0889	487,1389	Roverella	609	0,1230	74,8882
385	10,26965	Leccio	11707	0,0889	1040,7878	Roverella	1463	0,1230	180,0013
493	5,088267	Leccio	10876	0,0889	966,8916	Roverella	1208	0,1230	148,6410
494	3,746337	Leccio	4046	0,0889	359,6933	Roverella	450	0,1230	55,2959
IDSF [-]	Superficie Netta [Ha]	3ª Specie [-]	N° Piante 3ª specie [-]	Ass. CO_2 Specie [t/anno]	Ass CO_2 [t/anno]	4ª Specie [-]	N° Piante 4ª specie [-]	Ass. CO_2 Specie [t/anno]	Ass. CO_2 [t/anno]
382	11,9847	-	-	-	-	-	-	-	-
383	5,26607	-	-	-	-	-	-	-	-
385	4,678817	Agrifogli	1463	0,0076	11,1220	-	-	-	
493	5,088267	-	-	-	-	-	-	-	-
494	3,746337	-	-	-	-	-	-	-	-

Nelle figure seguenti viene rappresentato l'assorbimento totale di CO_2 in un anno per ciascuna sottoparticella forestale.

[25] Allegato 12: https://tinyurl.com/SEF-All-12

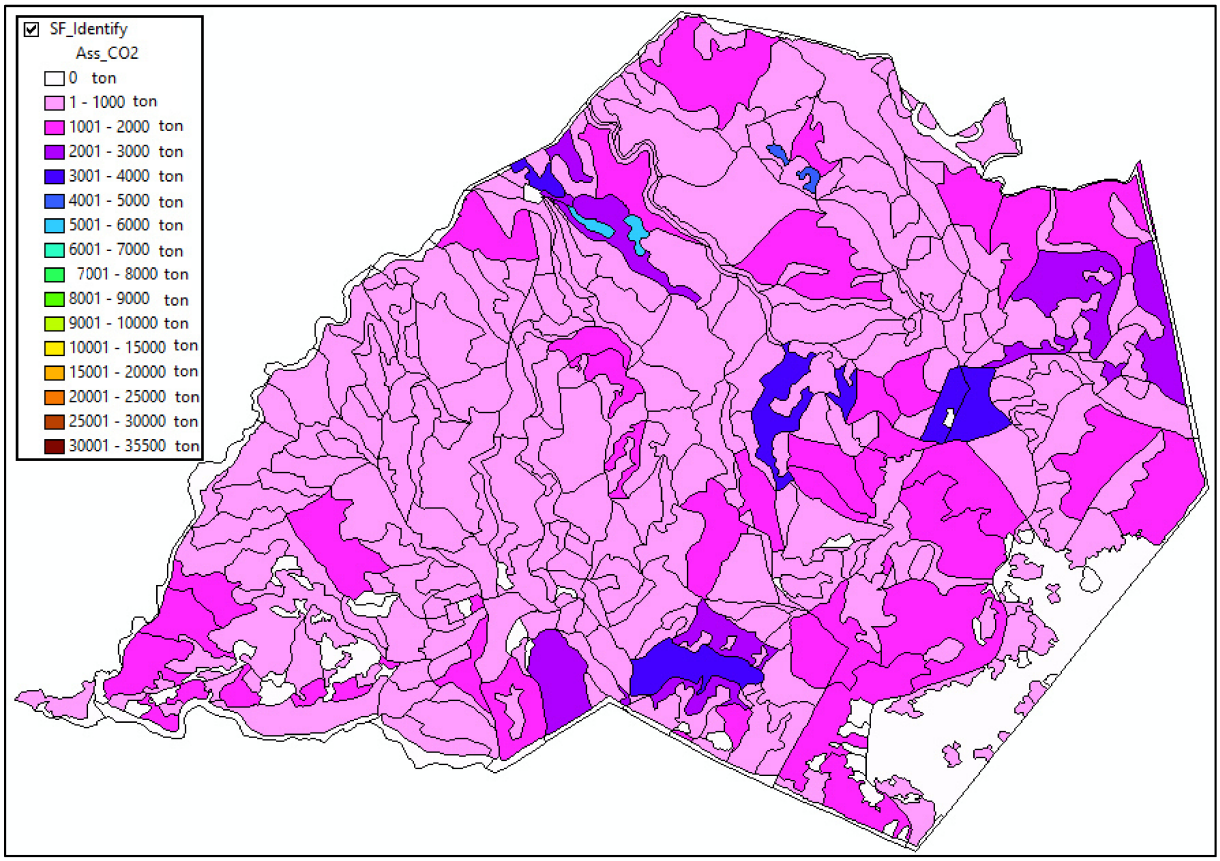


Figura 43 – Rappresentazione delle tonnellate di CO_2 sequestrata dalle piante presenti in ciascuna sottoparticella forestale della foresta Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura: tonnellate). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Utilizzando il modello GIS sono state tematizzate graficamente le varie sottoparticelle forestali in funzione del valore assoluto di CO_2 assorbito, suddividendole in dieci classi di valori, a cui è stata attribuita una scala cromatica dal verde al rosso.

In particolare, si osserva che:

- Nelle tre Unità Gestionali di Base sono presenti circa 200 sottoparticelle forestali, evidenziate in bianco, aventi un valore di assorbimento di CO_2 pari a 0,00 t/anno, in quanto non sono presenti alberi. A seguito di un'interrogazione del modello si rileva che tali aree appartengono alle seguenti sottocategorie forestali:
  - 1103 – Formazione a prevalenza di erica;
  - 1202 – Formazione a prevalenza di cisti;
  - 1205 – Formazione a prevalenza di prugnolo, biancospino, rovo, ecc;
  - 1601 – Formazione a prevalenza di ginestre;
  - 1602 – Formazioni a prevalenza di elicriso;
  - 1606 – Formazioni rupestri;
  - 1701 – Praterie perenni a prevalenza di asfodelo;
  - 1702 – Praterie perenni a brachipodio, stipa, ecc;
  - 1801 – Praterie annuali naturali a terofite/geofite;
  - 3501 – Aree edificate e antropizzate in ambiti rurali;
  - 3700 – Viali Parafuoco;
  - Bacini d'acqua;

- La stragrande maggioranza delle altre sottoparticelle forestali hanno valori di assorbimento variabili inferiori alle 10000 t/anno di CO_2 e sono rappresentate con i colori dal verde all'arancione;
- Una ventina di sottoparticelle forestali presentano valori molto elevati di assorbimento di anidride carbonica e sono indicate in rosso: il valore elevato è dovuto alla presenza in queste aree di molte piante appartenente alla specie Cedro dell'Atlante, il quale possiede un fattore di assorbimento molto alto.

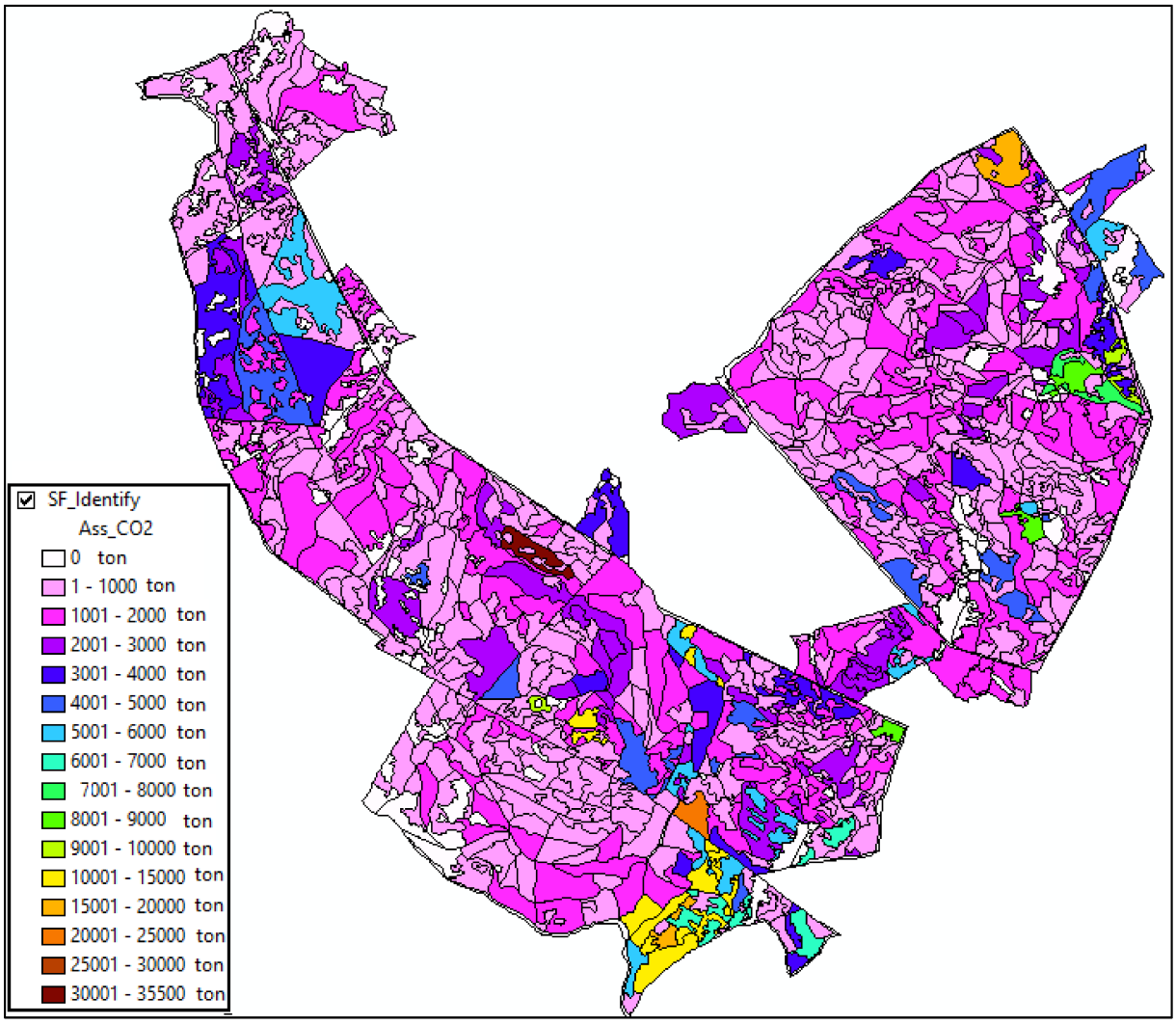


Figura 44 – Rappresentazione delle tonnellate di CO_2 sequestrata dalle piante presenti in ciascuna sottoparticella forestale delle foreste Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura: tonnellate). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Per completare l'analisi sul sequestro della CO_2 presente in atmosfera e giungere quindi ad una valutazione economica di questo secondo beneficio dei servizi ecosistemici di regolazione è necessario determinare il valore monetario della CO_2 sequestrata.

4.2.4.2.1. Il mercato della CO_2 – ETS

Dal 2005 l'Unione Europea ha fondato il primo mercato mondiale della CO_2, attivo in 31 paesi del continente Europa. Il sistema per lo scambio delle quote di emissione dell'UE (Emission Trading System) è uno strumento amministrativo messo in atto per ridurre le emissioni dei gas ad effetto serra, quali anidride carbonica (CO_2), ossido di azoto (N_2O) e perfluorocarburi (PFC), e per contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici. Il sistema, il quale interessa oltre 11.000 impianti di produzione di energia e regolamenta oltre il 45% delle emissioni di gas ad effetto serra di tutta la UE, si basa sul principio della limitazione e dello scambio delle emissioni.

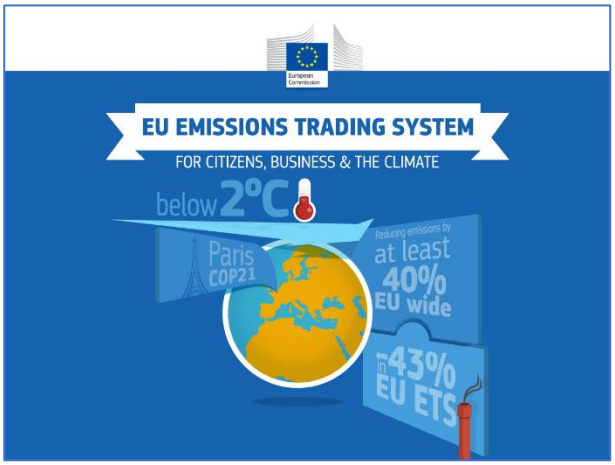


Figura 45 – EU Emission Trading Sistem. [Fonte: www.ec.europa.eu].

L'ETS è stato suddiviso in 5 distinte fasi, dal 2005 fino al 2030. Nel 2020 terminerà la fase 3 e inizierà la fase 4. Dopo le prime due fasi di assestamento, nelle ultime due (2013-2030) viene definito un unico valore limite europeo alle emissioni di CO_2 da non superare (CAP). Sotto questo valore massimo, il quale viene ridotto annualmente, le imprese facenti parte del sistema ricevono delle quote di emissione a titolo gratuito e assegnate in base a criteri comuni europei; possono inoltre acquistare o cedere ulteriori quote. La quota di emissione permette all'impresa titolare di emettere una tonnellata di CO_2 o il corrispettivo equivalente derivante dagli altri gas ad effetto serra (GHG). Annualmente vengono registrate le emissioni effettive delle imprese, le quali devono essere obbligatoriamente compensate con la cessione delle quote di emissione, pena l'applicazione di ingenti sanzioni amministrative. Le quote di emissione vengono scambiate all'interno delle aste internazionali, generando così un importante mercato di riferimento. Nella figura seguente viene rappresentato uno schema dello scambio delle quote di emissione. Al seguente link: "https://tinyurl.com/ets-eu1" è disponibile invece un breve video di spiegazione del mercato delle quote di emissione dal titolo: "The EU Emission Trading System explained", pubblicato sul canale YouTube "EUClimateAction".

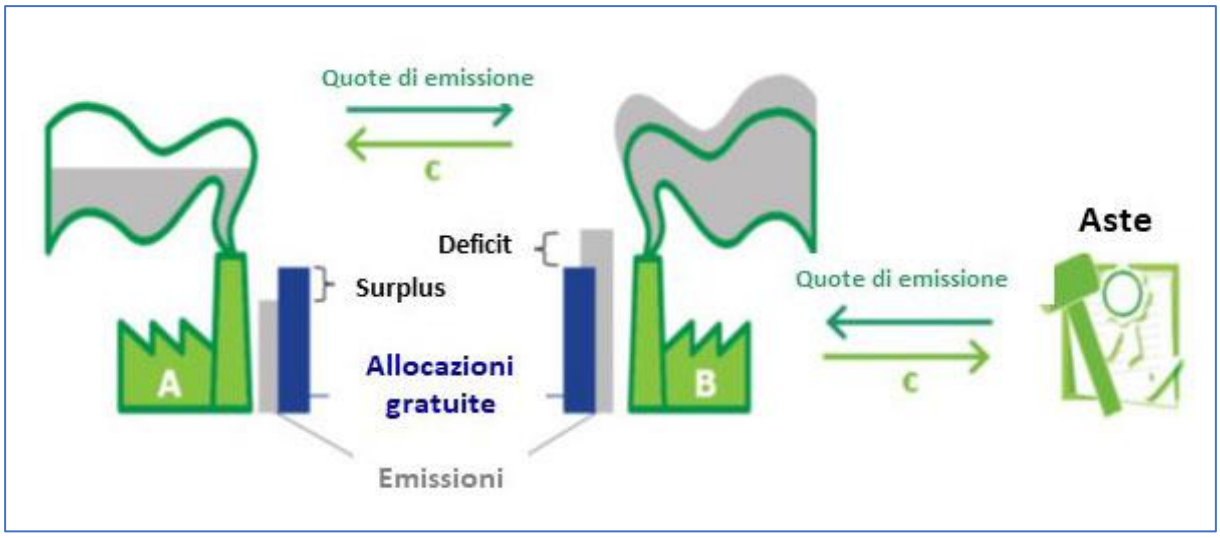


Figura 46 – Scambio delle quote di emissione di CO_2. [Fonte: www.ec.europa.eu].

Il mercato delle quote di emissione di CO_2, dette anche EUA (EU Allowances), ha inizio nel 2008, dopo una prima gestione a livello nazionale delle quote, quando 1 EUA veniva scambiata a 25,35 €. In generale l'andamento del mercato ha risentito delle principali crisi economiche del 2009 e 2018, come si può osservare nella figura 46, in quanto ad una riduzione delle produzioni e dei consumi industriali corrisponde una riduzione della domanda di quote EUA, a fronte della medesima offerta. Un prezzo economico dell'EUA, come registrato nel periodo 2011 – 2018, ha vanificato gli interventi delle aziende per ridurre le emissioni in quanto nessuna impresa apportò migliorie impiantistiche. Viceversa, un prezzo alto delle quote porta alla realizzazione di interventi per ridurre le emissioni. Infatti, secondo Yves Caneill della ERCST in un'intervista al quotidiano francese Novethic ha dichiarato che: "se si vorranno centrare gli obbiettivi climatici, il prezzo non dovrà essere inferiore ai 40 euro".

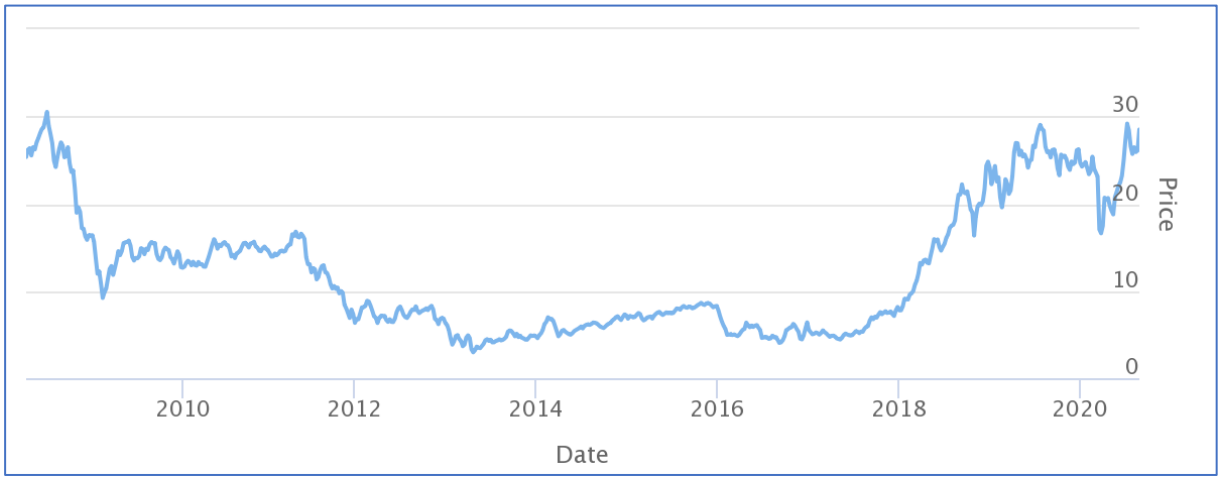


Figura 47 – Andamento storico del mercato delle quote di emissione EUA, periodo di riferimento aprile 2008 – agosto 2020 (Prezzi in euro). [Fonte: https://tinyurl.com/mercatoEUA].

Per ovviare a questo problema, a partire dal 2019 l'Unione Europea ha introdotto nel mercato la riserva di stabilità del mercato (MSR). Questo meccanismo automatizzato ha l'obbiettivo di ridurre le quote disponibili per evitare la svalutazione degli EUA dovuti alle crisi economiche. Ogni anno l'assorbimento del mercato è pari al 24% delle quote che eccedono gli 800 milioni.

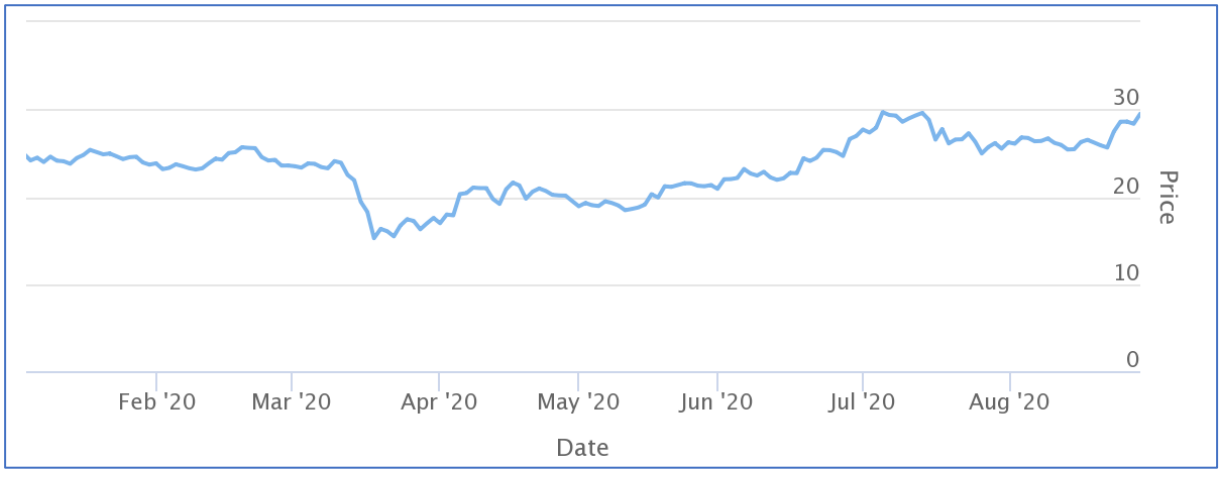


Figura 48 – Andamento corrente del mercato delle quote di emissione EUA, periodo di riferimento gennaio 2020 – agosto 2020 (Prezzi in euro). [Fonte: https://tinyurl.com/mercatoEUA].

Nella figura precedente viene riportato in dettaglio l'andamento del mercato nell'anno 2020. Si osserva che, grazie al meccanismo di stabilità presente, dopo il forte calo dei prezzi dovuto al lockdown mondiale a causa della pandemia da Covid-19, registrato dal grafico a metà marzo 2020, da giugno 2020 il valore di mercato è ricominciato a salire, arrivando nel fine settimana di agosto 2020 a sfiorare i 30 € per ciascuna EUA.

Per la determinazione del valore di mercato delle quote EUA da considerare come riferimento per stimare il valore del servizio ecosistemico di regolazione, si è assunto cautelativamente il valore di 23,72 €. Vista l'incertezza dello sviluppo futuro del mercato si è preferito non assumere come riferimento gli ultimi valori raggiunti (agosto 2020) per evitare di sovrastimare il valore del beneficio.

A questo punto, conoscendo i valori degli assorbimenti totali di CO_2 sequestrata in un anno da ciascuna sottoparticella forestale, e moltiplicandoli per il valore di mercato della EUA precedentemente stimato, si ottengono il valore totale della CO_2 sequestrata ed il valore dello stesso parametrizzato sulla superficie.

Si riporta un estratto del foglio di calcolo utilizzato per la valutazione economica del secondo servizio ecosistemico di regolazione, il sequestro di CO_2. Nell'"Allegato 13: VET – Funzione di regolazione, sequestro di Carbonio"[26] vengono riportati i valori economici relativi all'intero complesso forestale.

Tabella 49 – Estratto foglio di calcolo per la monetizzazione del sequestro di CO_2 assorbita da ciascuna sottoparticella forestale. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	UGB [-]	SEZ [-]	PF [-]	SF [-]	Superficie Netta [Ha]	Assorbimento totale SF [t/anno]	Costo Totale CO_2 [€/anno]	Valore parametrico [€/anno*Ha]
382	Anela	B	52	3	2,45027	1526,7449	€ 36.214,39	€ 14.779,75
383	Anela	B	52	4	1,691243	562,0271	€ 13.331,28	€ 7.882,54
385	Anela	B	10	1	10,26965	1231,9112	€ 29.220,93	€ 2.845,37
493	Anela	B	25	1	5,088267	1115,5326	€ 26.460,43	€ 5.200,28
494	Anela	B	25	2	3,746337	414,9892	€ 9.843,54	€ 2.627,51

Nella seguente tabella viene riportato un riepilogo, ottenuto sommando i valori precedentemente ottenuti. Nella pagina successiva viene proposta una rappresentazione dei valori di mercato parametrici riportati per ciascuna sottoparticella forestale.

Tabella 50 – Riepilogo risultati valutazione economica servizi ecosistemici di regolazione – Protezione idrogeologica. [Fonte: elaborazione dell'autore].

UGB [-]	SEZIONE [-]	Superficie totale [Ha]	Valore economico [€]	Valore parametrico medio [€/Ha]
Fiorentini	A	1.514,2382	€ 3.977.515,80	€ 2.626,75
Anela	B	1.054,0387	€ 6.370.209,25	€ 6.043,62
Monte Pisanu	C	1.955,4875	€ 12.643.060,92	€ 6.335,83
Valore di mercato sequestro di Carbonio		**4.523,7644**	**€ 22.990.785,97**	**€ 5.082,23**

[26] Allegato 13: https://tinyurl.com/SEF-All-13

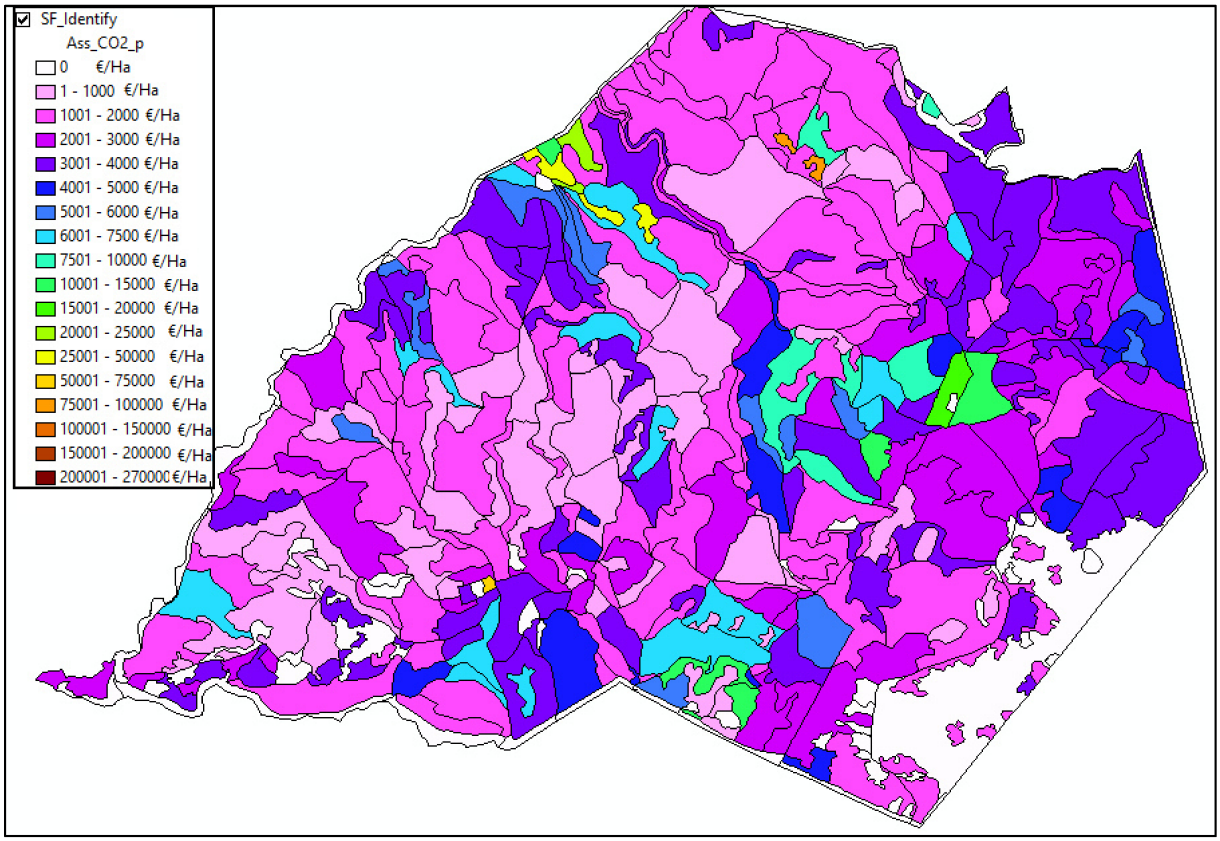


Figura 49 – Rappresentazione del valore parametrico di mercato di assorbimento della CO_2 per la compresa forestale Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Dall'analisi dei risultati ottenuti si osserva un elevata variabilità del valore di mercato riferito ad un'unità di superficie con valori compresi tra 0,00 €/Ha e 260.000 €/Ha. La motivazione è nuovamente dovuta alla presenza della specie Cedro dell'Atlante che fa aumentare notevolmente tale valore. Infatti, nelle Unità Gestionali di Base ove quest'ultima specie risulta molto presente (Anela e Monte Pisanu) il valore di mercato parametrico mediato sull'intera superficie del complesso risulta elevato, rispettivamente pari a 6.043,62 €/Ha per il complesso di Anela e 6.335,83 €/Ha per il complesso di Monte Pisanu. Viceversa, nel complesso forestale di Fiorentini tale valore parametrico si attesta a 2.626,75 €/Ha in quanto la presenza delle piante di Cedro dell'Atlante è molto limitata. Anche in questo caso però, la stragrande maggioranza delle sottoparticelle forestali registra valori di mercato parametrici inferiori ai 6.000 €/Ha, mentre solo una piccola parte del territorio presenta valori molto alti. È per questo motivo infatti che il valore parametrico medio, riferito all'intero territorio considerato è pari a 5.082,23 €/Ha.

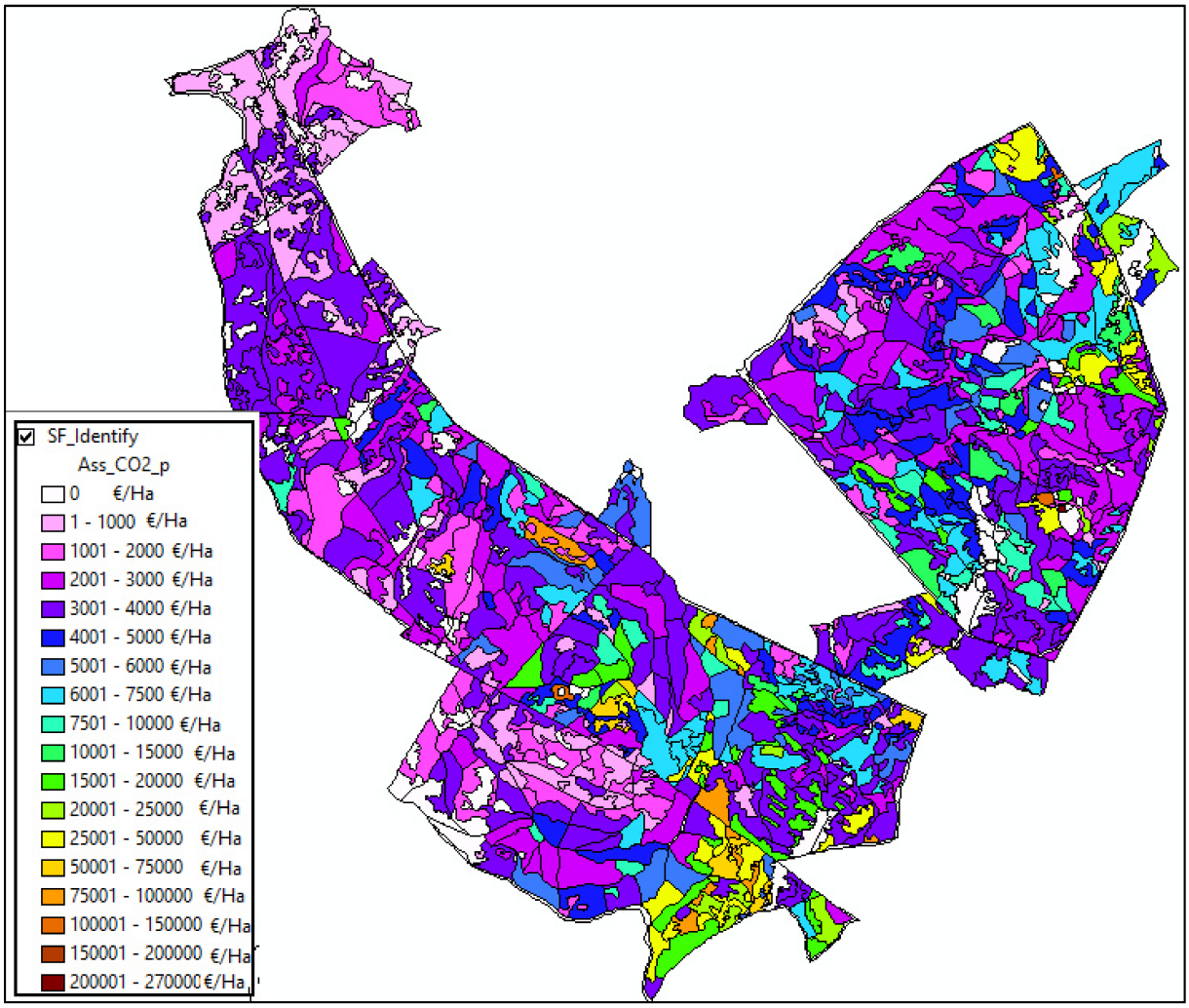


Figura 50 – Rappresentazione del valore parametrico di mercato di assorbimento della CO_2 per le comprese forestali di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

4.2.5. Valore Culturale

L'ultimo beneficio prodotto dalla presenza delle foreste che può essere valutato economicamente in modo concreto è il valore culturale, in particolare la capacità per gli interi territori comunali di attirare turisti grazie alla presenza di attività da visitare e ricreative.

4.2.5.1. Turismo

Si riporta quindi una breve analisi con l'obbiettivo di descrivere la situazione turistica e ricettiva caratterizzante il territorio in analisi, nonché la presenza di eventuali beni architettonici e siti o attrazioni di interesse culturale e ricreativo. Come anticipato la ricerca ha interessato non solo l'area boschiva ma l'intero territorio comunale dei quattro comuni presenti: Anela, Bono, Bottidda e Bultei.

Una prima serie di informazioni in merito viene ricavata dai portali informativi "A MISURA DI COMUNE"[27] e "VINCOLI IN RETE"[28]. Entrambi i portali sono basati su un sistema informativo territoriale (SIT) e sono realizzati e aggiornati da importanti istituti e associazioni nazionali italiane.

4.2.5.1.1. A Misura di Comune

A misura di comune è un sistema informativo di tipo multi-fonte nel quale vengono raccolti dati di carattere sperimentale e dati di origine più consolidata. L'obbiettivo del progetto, realizzato in collaborazione con ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica), ANCI (Associazione Nazionale Comuni Italiani) e UPI (Unione delle Provincie Italiane) è quello di realizzare un profilo statistico comunale, utilizzando vari indicatori suddivisi a loro volta in aree tematiche. Le principali aree tematiche che sono state considerate per la descrizione dei comuni sono le seguenti:

- Popolazione e famiglie;
- Istruzione;
- Lavoro;
- Benessere economico;
- Politica e istituzioni;
- Cultura, comunicazione e tempo libero;
- Territorio e ambiente;
- Economia insediata;
- Ricerca ed innovazione;
- Infrastrutture e mobilità.

Per valutare la consistenza del patrimonio culturale presente all'interno del territorio comunale si può fare riferimento all'area tematica "Cultura, comunicazione e tempo libero", costituita dagli indicatori territoriali riportati nella tabella 51.

[27] Link: https://tinyurl.com/amisura-di-comune
[28] Link:http://vincoliinrete.beniculturali.it

Tabella 51 – Indicatori territoriali dell'area tematica: "Cultura, comunicazione e tempo libero", descrizione ed origine dei dati. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Gli indicatori del sistema informativo a misura di comune", aggiornato 1° agosto 2019].

Denominazione [-]	Definizione [-]	Fonte dei dati [-]	Riferimento dati on line [-]
Dotazione di risorse del patrimonio culturale	Numero totale dei beni culturali	Istat - Elaborazione su dati MIBACT	https://www.istat.it/it/mappa-rischi
Biblioteche registrate nell'Anagrafe nazionale delle Biblioteche	Numero di biblioteche per 100 mila residenti	Istat - Elaborazione su dati ICCU	https://anagrafe.iccu.sbn.it/it/
Musei, gallerie, siti archeologici e monumentali	Numero di musei, gallerie, siti archeologici e monumenti per 100 residenti	Istat - Indagine sui musei e sugli istituti similari	http://imuseiitaliani.beniculturali.it/
Visitatori di musei, gallerie, siti archeologici e monumenti	Numero di visitatori di musei, gallerie, siti archeologici e monumenti per 100 residenti	Istat - Indagine sui musei e sugli istituti similari	http://imuseiitaliani.beniculturali.it/
Consistenza del tessuto urbano storico	Abitazioni occupate costruite prima del 1919 per 100 abitazioni occupate	Istat - 15° Censimento della Popolazione e delle Abitazioni 2011	http://ottomilacensus.istat.it/

Nella tabella schematica seguente si riportano i valori degli indicatori descritti in precedenza riferiti ai comuni di Anela, Bono, Bottidda, Bultei, all'interno dei quali ricadono le comprese forestali oggetto di analisi.

Tabella 52 – Indicatori territoriali dell'ambito tematico "Cultura, comunicazione e tempo libero". [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Gli indicatori del sistema informativo a misura di comune", aggiornato 1° agosto 2019].

Definizione indicatori [-]	Comune [-]			
	Anela	Bono	Bottidda	Bultei
Numero totale dei beni culturali	4	6	2	10
Numero di biblioteche per 100 mila residenti	152,21	28,05	144,09	103,41
Numero di musei, gallerie, siti archeologici e monumenti per 100 residenti	0	0	0	0
Numero di visitatori di musei, gallerie, siti archeologici e monumenti per 100 residenti	0	0	0	0
Abitazioni occupate costruite prima del 1919 per 100 abitazioni occupate	196,32	9,28	19,61	23,65

4.2.5.1.2. Vincoli in rete

Il progetto vincoli in rete ha previsto l'innovazione digitale per i beni culturali e prevede l'accesso, in forma di consultazione, alle informazioni sui beni architettonici e archeologici. La realizzazione è stata curata dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro presso il MiBACT (Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo). In particolare, sono disponibili le seguenti sezioni:

- Ricerca Beni: con questa funzione vengono individuate le informazioni e schede descrittive dei beni architettonici e archeologici;
- Ricerca Atti Amministrativi: con questa funzione vengono riportati i beni culturali immobili interessati da atti amministrativi;
- Ricerca Siti Unesco: in questa sezione vengono fornite informazioni sui siti Unesco presenti nei vari territori;
- Ricerca Geografica: in questa sezione vengono rappresentati sul territorio Nazionale i beni culturali architettonici ed archeologici, nonché gli atti amministrativi.

Dalla consultazione dei dati disponibili si deduce che nell'intera provincia di Sassari, ove ricadono territorialmente i comuni oggetto di analisi, non sono presenti siti di interesse Unesco.

Per quanto riguarda invece i beni culturali ed architettonici, la ricerca effettuata ha prodotto i risultati che sono riportati in modo sintetico nelle seguenti tabelle. Al fine dell'analisi si è scelto di evidenziare soltanto la descrizione dei beni archeologici o architettonici presenti, trascurando le informazioni relative agli atti amministrativi ed all'ubicazione geografica degli stessi, in quanto ritenute superflue per le finalità della ricerca stessa.

Tabella 53 – Classificazione e descrizione beni architettonici e archeologici presenti nei comuni di Anela, Bono e Bottidda. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Vincoli in Rete", aggiornamento agosto 2020].

Comune [-]	Codice [-]	Denominazione [-]	Tipo bene [-]	Scheda [-]
Anela	121120	S. Giorgio di Aneletto	Chiesa	Architettura
Anela	121163	Nostra Signora di Mesumundu	Chiesa	Architettura
Anela	211478	Necropoli Sos Furrighesos	Tomba	Monumenti archeologici
Anela	215400	Ruderi Parrocchiale Aneletto	Casa	Architettura
Bono	121083	S. Raimondo	Chiesa	Architettura
Bono	154365	Campanile di S. Michele Arcangelo	Campanile	Architettura
Bono	211679	Tomba di Giganti di Sa Tanca de su re	Tomba	Monumenti archeologici
Bono	215392	Parrocchiale di S. Michele Arcangelo	Casa	Architettura
Bono	529903	Casa Mura	Casa	Architettura
Bono	556698	Ex Stazione di Monta	-	Architettura
Bottidda	173911	Due Tombe di Giganti e nuraghe in Pasciarzu	Nuraghe	Monumenti archeologici
Bottidda	207582	Fattoria Ginnasi	Fattoria	Architettura
Bottidda	3131401	Antico convento Francescano di Monte Rasu	Convento	Architettura

Tabella 54 – Classificazione e descrizione beni architettonici e archeologici presenti nel comune di Bultei. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Vincoli in Rete", aggiornamento agosto 2020].

Comune [-]	Codice [-]	Denominazione [-]	Tipo bene [-]	Scheda [-]
Bultei	121181	Madonna di Fatima	Chiesa	Architettura
Bultei	159016	Terme (resti)	Impianto termale	Monumenti archeologici
Bultei	172979	Nuraghe in località San Secondino	Nuraghe	Monumenti archeologici
Bultei	173694	Nuraghe Norchidda	Nuraghe	Monumenti archeologici
Bultei	173926	Nuraghe Tilariga	Nuraghe	Monumenti archeologici
Bultei	173934	Nuraghe Ludosu	Nuraghe	Monumenti archeologici
Bultei	211221	Tombe di Giganti di Sas Prigionas	Tomba	Monumenti archeologici
Bultei	277049	Dolmen du Su Cuveccu	Dolmen	Monumenti archeologici
Bultei	375641	Insediamento (resti)	Insediamento urbano	Monumenti archeologici
Bultei	397247	S. Saturnino	Edificio di culto	Monumenti archeologici

Si può osservare che il numero di beni culturali presenti per ciascun comune nel portale "Vincoli in rete" corrisponde al valore indicato nel sistema informativo "A misura di comune", ma fornisce maggiori informazioni sul tipo di bene considerato. Inoltre, in tutti i comuni considerati, secondo il portale "A misura di Comune" non sono presenti musei, gallerie o siti archeologici, ma soltanto alcune biblioteche. Si tratta infatti di comuni con un'estensione territoriale limitata e prevalentemente occupata da foreste, con una conseguente popolazione insediata limitata. Il comune con l'estensione maggiore, Bultei, è anche quello che presenta il maggior numero di beni archeologici e architettonici e il territorio comunale di Anela è quello che presenta il maggior numero di abitazioni storiche, ovvero costruite prima del 1919 e ancora abitate, secondo i dati del quindicesimo censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011. Questo dato deriva dal fatto che Anela è ritenuto il paese più antico del distretto del Goceano, fondato da un insediamento romano.

Sono presenti alcune attività ricettive nel comune di Bono, quali ad esempio due hotel e sei B&B, mentre negli altri comuni non si rilevano importanti attività ricettive, ad esclusione di alcuni appartamenti e case vacanze con limitata capienza.

4.2.5.1.3. Le attrazioni turistiche del complesso forestale

Infine, sono stati analizzati i territori appartenenti nelle Unità Gestionali di Base al fine di individuare la presenza di attività ad interesse turistico o culturale all'interno delle foreste.

Le informazioni di seguito riportate sono state reperite consultando il sito dell'Agenzia Fo.Re.S.T.A.S [29] (Agenzia Forestale Regionale per lo Sviluppo del Territorio e dell'Ambiente della Sardegna), struttura governativa tecnica-operativa per il settore forestale e ambientale, la quale ha compiti di gestione, promozione e di ricerca e sperimentazione. Alcune immagini sono state reperite su "Sardegna Digital Library"[30], importante strumento per valorizzare il patrimonio culturale della Sardegna: raccoglie infatti oltre 33 mila immagini, 2 mila video e pubblicazioni che descrivono ogni aspetto della realtà isolana.

[29] Link: https://www.sardegnaforeste.it/
[30] Link: http://www.sardegnadigitallibrary.it/index.html

Tabella 55 – Informazioni turistiche e beni culturali presenti nella foresta di Fiorentini. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Figura [-]	Zona di interesse [-]	Descrizione [-]
	Foresta di Fiorentini – Bultei.	È una delle foreste demaniali più antiche del Goceano ed è inserita nell'elenco dei Siti di Importanza Comunitaria (SIC). Nel periodo estivo è molto frequentata da turisti.
	Chiesa Nostra Signora di Fatima – Località Sa Fraigada.	Oltre alla importante chiesa del secolo scorso, in questa località sono presenti molti fabbricati e aree di sosta.
	Sentiero "Su Tassu" – Località Su Tassu.	Importante sentiero turistico con uno sviluppo su terra battuta e inserito in boschi di roverella e pino nero.
	Tomba dei giganti – Località Sa Pruna.	Sono presenti alcuni importanti monumenti quali le numerose tombe dei giganti e i nuraghi.

Tabella 56 – Informazioni turistiche e beni culturali presenti nella foresta di Anela. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Figura [-]	Zona di interesse [-]	Descrizione [-]
	Foresta Anela – Località "Sa Minda".	La foresta di Anela è visitata nei periodi estivi da numerosi turisti attratti dalle bellezze naturali e paesaggistiche. Nei pressi di "Sa Minda", dove è situato il centro servizi principale della foresta, è disponibile un'area destinata al campeggio. Infine, si trova anche un lago artificiale che è meta di numerose escursioni e pic-nic.

Tabella 57 – Informazioni turistiche e beni culturali presenti nella foresta di Monte Pisanu. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Figura [-]	Zona di interesse [-]	Descrizione [-]
	Centro servizi della foresta demaniale – Bono.	Presso l'ufficio forestale di Bono con funzione di accoglienza, punto informativo per i turisti fornendo indicazioni logistiche per le attività. Presente inoltre una xiloteca sulle essenze arboree e arbustive della Sardegna, sia spontanee che esotiche, con anche album fotografici che ripercorrono la storia della foresta e dei lavori ed utilizzazioni forestali.
	Parco avventura "Monte Pisanu".	Situato all'interno di un'oasi naturale di querce, castani e pini, è composto da 2 percorsi per adulti con 15 atelier ed un percorso per bambini con 5 atelier. Tutti gli atelier sono sospesi tra gli alberi. Presente inoltre un'area attrezzata per pic-nic nelle vicinanze.

	Sentiero “San Francesco”.	Sentiero che attraversa un paesaggio unico e suggestivo con percorso storico e religioso. Si sviluppa intorno alla tenuta Giannisi e alla cima di Monte Rasu.
	Sughera secolare – Località “Pedras Rujas”.	Importante albero monumentale di sughera.
	Tassi secolari – Località “Sos Nibberos”.	Costituiscono una formazione vegetale di notevole importanza scientifica, storica, culturale e paesaggistica dove sono presenti tassi millenari aventi altezze di circa 15 metri e diametro del tronco pari a 1 m. Questo sito è stato dichiarato monumento naturale con la legge 24/01/1994 dell’Assessorato regionale della difesa dell’ambiente della Regione Sardegna.

All’interno delle foreste sono quindi presenti numerosi punti di interesse naturale e paesaggistico che, soprattutto nel periodo estivo sono in grado di richiamare e coinvolgere un buon numero di visitatori. Va sottolineato infine l’impegno dell’agenzia governativa Fo.Re.S.T.A.S nello svolgimento di attività formative rivolte ai bambini ed adolescenti, quali ad esempio sentieri didattici e visite guidate, per avvicinare le nuove generazioni alle tematiche ambientali.

4.2.5.1.4. Rilevazione ed analisi afflusso turistico

Per poter in seguito attribuire una valutazione economica al beneficio del turismo delle aree indicate, oltre a conoscere i principali punti di interesse culturali e paesaggistici, è necessario conoscere anche la presenza delle strutture ricettive e dei movimenti dei turisti nei vari comuni. Per questo motivo, nella pagina seguente vengono riportate le tipologie di strutture ricettive presenti ed il numero di visitatori. I dati sono relativi agli anni 2016 – 2019 e sono stati suddivisi per comune; per quanto riguarda la presenza di turisti sono stati suddivisi inoltre per provenienza (italiani o stranieri) e per tipologia di soggiorno. L’ente che ha realizzato le statistiche consultate è la Direzione Generale del Turismo, Artigianato e Commercio della Regione Sardegna.

Tabella 58 – Capacità delle strutture ricettive presenti nei comuni di analisi, riferiti agli anni dal 2016 al 2019. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da Capacità strutture ricettive Sardegna[31]].

Tipologia	Numero di strutture e posti letto			
	2016	2017	2018	2019
Comune di Anela				
Agriturismo	1 (6 posti)	1 (6 posti)	1 (6 posti)	1 (6 posti)
Alloggi privati	-	-	-	1 (4 posti)
Comune di Bono				
Agriturismo	1 (2 posti)	1 (2 posti)	1 (2 posti)	1 (2 posti)
Albergo	2 (52 posti)	2 (52 posti)	2 (52 posti)	2 (52 posti)
Bed&Breakfast	6 (34 posti)	6 (28 posti)	6 (28 posti)	6 (36 posti)
Alloggi privati	-	-	-	1 (6 posti)
Comune di Bottidda				
Bed&Breakfast	1 (6 posti)	1 (6 posti)	1 (6 posti)	1 (6 posti)
Comune di Bultei				
Albergo	1 (25 posti)	1 (25 posti)	1 (25 posti)	1 (25 posti)

Come si può osservare, la capacità ricettiva delle strutture non ha subito variazioni negli anni compresi tra il 2016 ed il 2018. Nell'anno 2019 invece l'offerta delle strutture è aumentata leggermente grazie alla presenza di alloggi privati messi a disposizione e si è verificato un aumento dei posti disponibili, senza però la realizzazione di nuove strutture.

Tabella 59 – Dati di arrivo e presenze dei turisti classificate in base ai comuni di riferimento e alla provenienza dei turisti, per gli anni dal 2016 al 2019. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da "Movimenti turistici in Sardegna"[32]].

Comune	Tipologia turisti	Arrivi (ospitati negli esercizi ricettivi)				Presenze (numero di notti trascorse)			
		2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Anela (SS)	Italiani	Nessun dato presente				Nessun dato presente			
	Stranieri								
	Totale								
Bono (SS)	Italiani	-	9	64	115	-	9	104	220
	Stranieri	-	7	39	13	-	25	74	15
	Totale	-	16	103	128	-	34	178	235
Bottidda (SS)	Italiani	19	19	18	100	23	112	100	131
	Stranieri	3	1	0	12	6	1	0	48
	Totale	22	20	18	112	29	113	100	179
Bultei (SS)	Italiani	41	28	46	35	395	277	491	351
	Stranieri	2	2	0	0	18	18	0	0
	Totale	43	30	46	35	413	295	491	351

[31] Fonti: https://tinyurl.com/SEF-cap-2016 (anno 2016); https://tinyurl.com/SEF-cap-2017 (anno 2017); https://tinyurl.com/SEF-cap-2018 (anno 2018); https://tinyurl.com/SEF-cap-2019 (anno 2019).
[32] Fonti: https://tinyurl.com/SEF-mov2016 (anno 2016); https://tinyurl.com/SEF-mov-2017 (anno 2017); https://tinyurl.com/SEF-mov-2018 (anno 2018); https://tinyurl.com/SEF-mov-2019 (anno 2019).

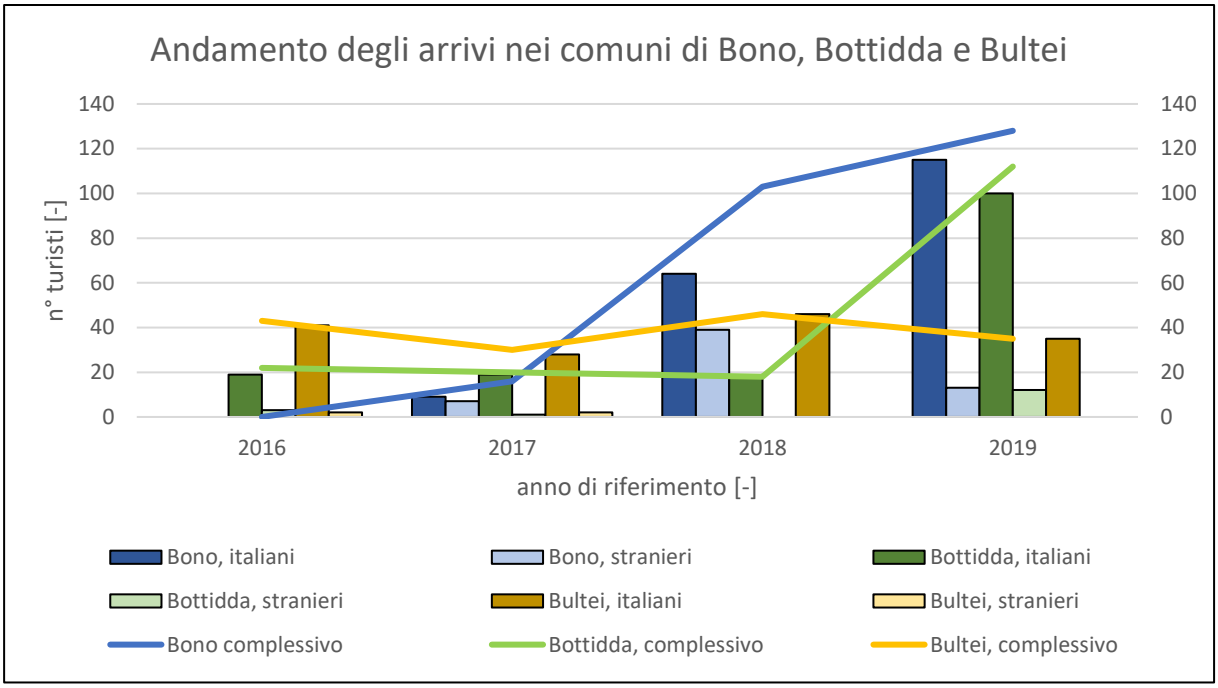


Grafico 3 – Andamento degli arrivi registrati nei comuni di Bono, Bottidda e Bultei, suddivisi per comune e provenienza. Si riporta inoltre il valore complessivo per ciascun anno considerato. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da dati di "Direzione Generale del Turismo, Artigianato e Commercio della Regione Sardegna"].

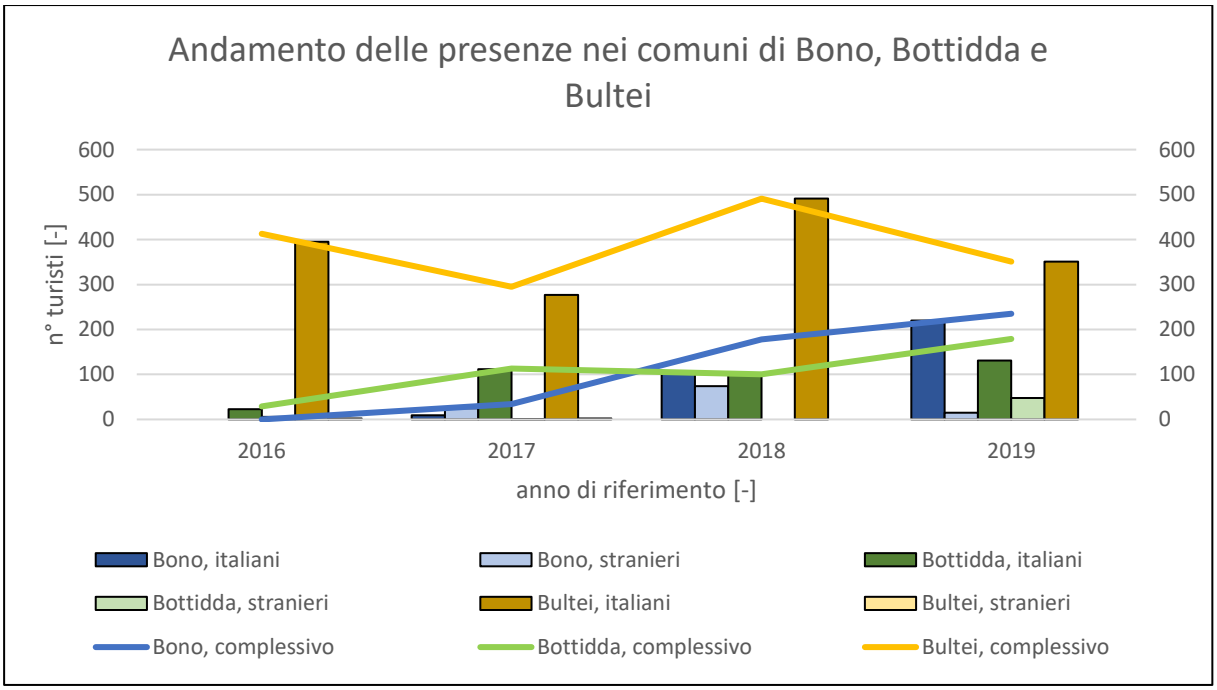


Grafico 4 – Andamento delle presenze registrate nei comuni di Bono, Bottidda e Bultei, suddivisi per comune e provenienza. Si riporta inoltre il valore complessivo per ciascun anno considerato. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da dati di "Direzione Generale del Turismo, Artigianato e Commercio della Regione Sardegna"].

Dall'analisi dei dati, riportati anche in forma grafica per permettere una maggiore comprensione dell'andamento, si possono dedurre le seguenti considerazioni:

- All'interno del dataset realizzato dalla Direzione Generale del Turismo, Artigianato e Commercio della Regione Sardegna non sono presenti dati relativi all'afflusso turistico per quanto riguarda il comune di Anela, ma soltanto quelli di Bono, Bottidda, Bultei;
- In generale, l'arrivo e la presenza di turisti in tutti gli anni considerati sono limitati se comparata alle principali città e ai villaggi costieri della Sardegna;
- Si rileva una tendenza positiva di crescita, soprattutto negli ultimi due anni, per quanto riguarda gli arrivi dei turisti nei tre comuni considerati;
- Anche per le presenze dei turisti si può notare un incremento negli ultimi due anni;
- Le presenze di turisti più elevate si registrano nel comune di Bultei mentre per quanto riguarda l'arrivo di turisti i comuni preferiti sono Bono e Bottidda.

4.2.5.1.5. Valutazione economica della presenza turistica

Per determinare un valore monetario il metodo da utilizzare è quello di attribuire un valore alle visite effettuate dai turisti ogni anno, considerando quindi gli utenti che si recano effettivamente sul territorio. Questo valore viene definito come Disponibilità a Pagare (DAP), il quale rappresenta il massimo importo che un individuo è disposto a pagare per avere un bene oppure utilizzare un servizio. La DAP può essere determinata con le due seguenti procedure:

- Procedura indiretta: costi di viaggio (Travel cost).
  Con questa procedura vengono considerati gli effettivi costi (viaggio, alloggio, spese giornaliere di soggiorno) sostenuti dai turisti durante il periodo di vacanza. Le informazioni sulla provenienza e mezzo di trasporto utilizzato, sulle caratteristiche e abitudini dei singoli turisti possono essere rilevate mediante l'utilizzo di semplici questionari;
- Procedura diretta: valutazione di contingenza (CVM).
  Con questa procedura invece viene chiesto a priori ai turisti, mediante la somministrazione di questionari complessi, quale possa essere la loro disponibilità a pagare per realizzare la vacanza nelle zone di interesse. I questionari possono essere effettuati a distanza, per via telefonica oppure in modo diretto, ad un campione di persone scelto in modo rappresentativo. Raccogliendo ed analizzando le risposte raccolte si ottiene la DAP media per il servizio richiesto.

Entrambe le procedure descritte risultano comunque di difficile realizzazione e gestione se progettate da tecnici non del settore: la scelta del campione di indagine rappresentativo, la stesura di questionari con domande consone allo scopo e la distribuzione degli stessi agli utenti. Inoltre, anche la raccolta e anali dei risultati può risultare lunga e laboriosa.

Per i motivi sopra descritti, non sono quindi state svolte indagini specifiche volte a individuare la DAP dei turisti che frequentano il territorio del Goceano. Tuttavia, per individuare un valore realistico approssimato, si può fare riferimento ai dati relativi alle spese di viaggio dei turisti, riportati nelle indagini ai turisti in Italia, utilizzando quindi il metodo dei costi di viaggio. Ogni anno l'IS.NA.R.T. (Istituto Nazionale Ricerche Turistiche) insieme ad UNIONCAMERE determinano numerose statistiche relative al turismo, tra le quali le spese medie sostenute dai turisti per viaggi A/R verso la località desiderata, le spese sostenute per il pernottamento e la spesa media giornaliera effettuata da ciascun turista nei più svariati settori (abbigliamento, alimentari, attività ricreative). Nella tabella successiva vengono riportati i valori medi di spesa per gli anni 2017 e 2018 (attualmente, agosto 2020, non è ancora disponibile l'indagine relativa all'anno 2019) ed i relativi grafici per evidenziarne l'andamento.

Tabella 60 – Spesa sostenuta per il viaggio e l'alloggio dai turisti, espressa in euro. [Fonti: "Italia destinazione turistica 2017 e 2018" – IS.NA.R.T. – Unioncamere[33].

Tipologia	Anno 2017 [€]			Anno 2018 [€]		
	Italiani	Stranieri	Totale	Italiani	Stranieri	Totale
Viaggio A/R (media a persona)	102,42	208,69	153,34	101,22	277,04	182,32
Alloggio (media giornaliera a persona)	55,08	58,90	56,87	47,19	57,85	52,65
Spesa media giornaliera a persona	61,34	59,04	60,21	77,12	85,93	81,54

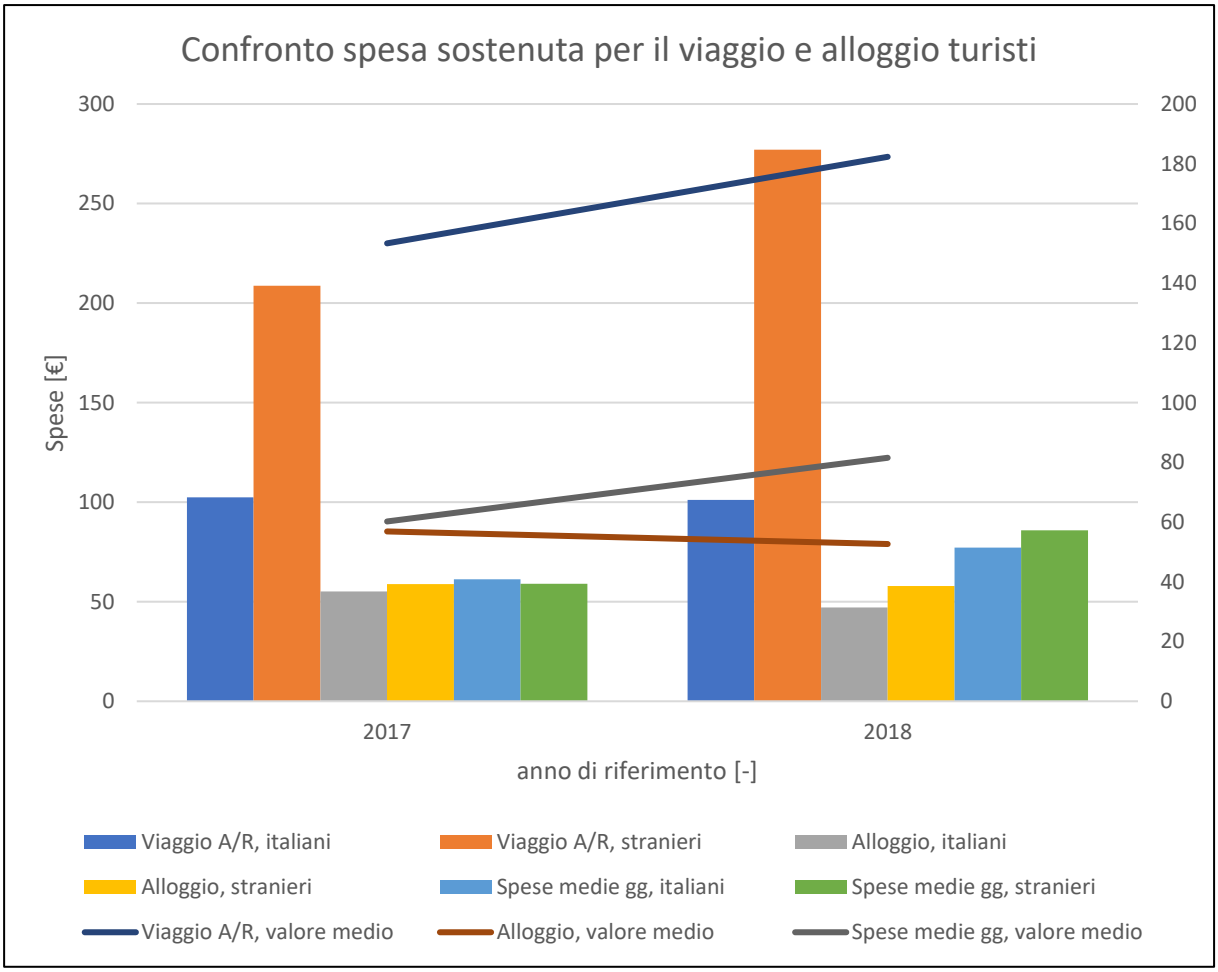


Grafico 5 – Rappresentazione delle spese medie per anno sostenute dai turisti italiani e stranieri per effettuare la vacanza. Comprendono le spese di viaggio, le spese sostenute per il pernottamento e le spese medie giornaliere per i vari servizi. [Fonte: elaborazione dell'autore a partire da dati IS.NA.R.T. – Unioncamere].

Dal grafico si può evidenziare un lieve aumento dei costi sostenuti dal 2017 al 2018. Inoltre, si può osservare che i costi di alloggio e spese varie giornaliere sono simili tra turisti stranieri ed italiani, mentre si differenziano parecchio per quanto riguarda i costi di viaggio andata e ritorno, maggiori per i turisti stranieri, in luogo principalmente della maggiore distanza da percorre per raggiungere le mete turistiche italiane.

[33] Fonte: http://www.isnart.it/bancadati/elenco.php?idCat[]=21

Considerando i dati precedentemente descritti, si può ora calcolare un contributo del servizio ecosistemico per la funzione culturale dovuto alla presenza del turismo. In questo caso però si procederà in modo differente rispetto a quanto fatto nei paragrafi precedenti, come ad esempio nella valutazione dei servizi di regolazione (sequestro di carbonio e protezione idrogeologica).

Si riportano le principali considerazioni assunte per procedere alla valutazione monetaria:

- Il numero di arrivi e presenze di italiani e stranieri utilizzato per i comuni di Bono, Bottidda e Bultei sarà rappresentato dal valore medio dei rispettivi quattro valori registrati negli anni 2018 e 2019. In questo modo si ottiene un valore più rappresentativo della reale situazione, in quanto il 2019 ha rappresentato valori di picco e avrebbe portato ad una sovrastima del valore stesso. Allo stesso modo non sono invece stati considerati i valori relativi agli anni 2016 e 2017 in quanto molto inferiori agli anni successivi;
- Non avendo trovato dati relativi al comune di Anela si è scelto di attribuire gli stessi valori di flussi turistici registrati per il comune di Bottidda. Infatti, analizzando le caratteristiche dei comuni in oggetto si rileva che hanno estensione territoriale simile (3.648 Ha Anela, 3.358 Ha Bottidda), lo stesso numero di posti letto disponibili nelle attività ricettive (6 posti letto in un'unica struttura per entrambi i comuni), un simile numero di beni archeologici ed architettonici presenti sul territorio comunale stesso (4 per Anela e 2 per Bottidda). Si è ritenuto quindi possibile attribuire gli stessi valori di Bottida ad Anela, il quale presenta caratteristiche culturali leggermente superiori a Bottidda;
- I costi che verranno presi in considerazione sono soltanto quelli relativi all'anno 2018, ovvero i più aggiornati disponibili attualmente. In questo modo si considerano le ultime variazioni dell'andamento dei prezzi;
- Verrà determinato un valore parametrizzato riferito ad un ettaro di superficie territoriale comunale, diverso per ciascuno dei quattro comuni analizzati. In seguito, si determinerà il valore corrispondente a ciascuna sottoparticella forestale moltiplicando il valore parametrico ottenuto per la superfice, in questo caso considerata lorda, di ciascuna sottoparticella. A differenza degli altri casi quindi, si determinano valori parametrici sull'intero territorio comunale e non soltanto sulle sottoparticelle forestali;
- La determinazione del comune di appartenenza di ciascuna sottoparticella forestale, informazione non necessaria per nessuna situazione considerata in precedenza, avviene consultando la suddivisione in fogli e particelle catastali dell'intera area in oggetto.
  In questo caso il modello GIS è stato di fondamentale aiuto: rappresentando temporaneamente ciascuna sottoparticella forestale come un'entità puntuale nel suo baricentro, è stato possibile aggiungere alle caratteristiche descrittive delle SF, gli attributi della suddivisione catastale in fogli e particelle catastali. Grazie alla georeferenziazione dei dati, a tutte le sottoparticelle forestali sono stati assegnati in automatico i valori catastali riferiti al foglio e particella entro le quali erano geometricamente comprese. Tuttavia, le sottoparticelle forestali a volte presentano forme separate o molto irregolari che portano il punto rappresentativo al di fuori del contorno della particella stessa. Anche in questi casi comunque è stato possibile effettuare l'assegnazione corretta degli attributi catastali in quanto la dimensione delle particelle catastali è molto superiore a quella delle sottoparticelle forestali.

Si riportano nella tabella seguente i dati assunti per la valutazione economica, tenendo conto delle ipotesi analizzate in precedenza.

Tabella 61 – Dati relativi alla presenza dei turisti italiani e stranieri, assunti come base di partenza per la valutazione monetaria. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Comune [-]	Codice Comune [-]	Superficie comune [Ha]	N° arrivi italiani [-]	N° arrivi stranieri [-]	N° presenze italiani [-]	N° presenze stranieri [-]
ANELA	A287	3648	59	6	116	24
BONO	A977	7450	90	26	162	45
BOTTIDDA	B094	3358	59	6	116	24
BULTEI	A534	9703	41	0	421	0

Il valore parametrico per valutare l'apporto del turismo in un comune viene determinato con la seguente relazione, che se applicata con i dati di ciascuno dei quattro comuni, fornisce i valori ricercati.

$$V_{t,p} = \frac{A_{ita} \cdot (S_v + S_m) + A_{str} \cdot (S_v + S_m) + P_{ita} \cdot (S_v + S_a + S_m) + P_{str} \cdot (S_v + S_a + S_m)}{S_t}$$

Dove:

$V_{t,p}$: valore di turismo parametrico, riferito ad un ettaro di superficie territoriale comunale $\left[\frac{€}{Ha}\right]$;

A_{ita} : numero di arrivi di turisti italiani in un anno nel comune considerato $[-]$;

A_{str} : numero di arrivi di turisti stranieri in un anno nel comune considerato $[-]$;

P_{ita} : numero di presenze di turisti italiani in un anno nel comune considerato $[-]$;

P_{str} : numero di presenze di turisti stranieri in un anno nel comune considerato $[-]$;

S_v : valore medio a persona del costo di viaggio, comprensivo di andata e ritorno $[€]$;

S_a : valore medio a persona del costo di alloggio $[€]$;

S_m : valore medio a persona delle spese sostenute giornalmente per attività ricreative, alimentari, ecc $[€]$;

S_t : Superficie territoriale del comune $[Ha]$.

I risultati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 62 – Valore parametrico di riferimento per ciascuno dei quattro comuni. Si riporta inoltre il valore complessivo riferito alle intere aree comunali. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Comune [-]	Superficie comune [Ha]	$V_{t,p}$ [€]	Valore comunale [€]
Anela	3648	€ 13,42	€ 48.961,04
Bono	7450	€ 10,87	€ 80.960,58
Bottidda	3358	€ 14,58	€ 48.961,04
Bultei	9703	€ 10,54	€ 102.260,07

Nella pagina seguente viene evidenziata la distribuzione del valore parametrico $V_{t,p}$ per ciascuna sottoparticella forestale presente.

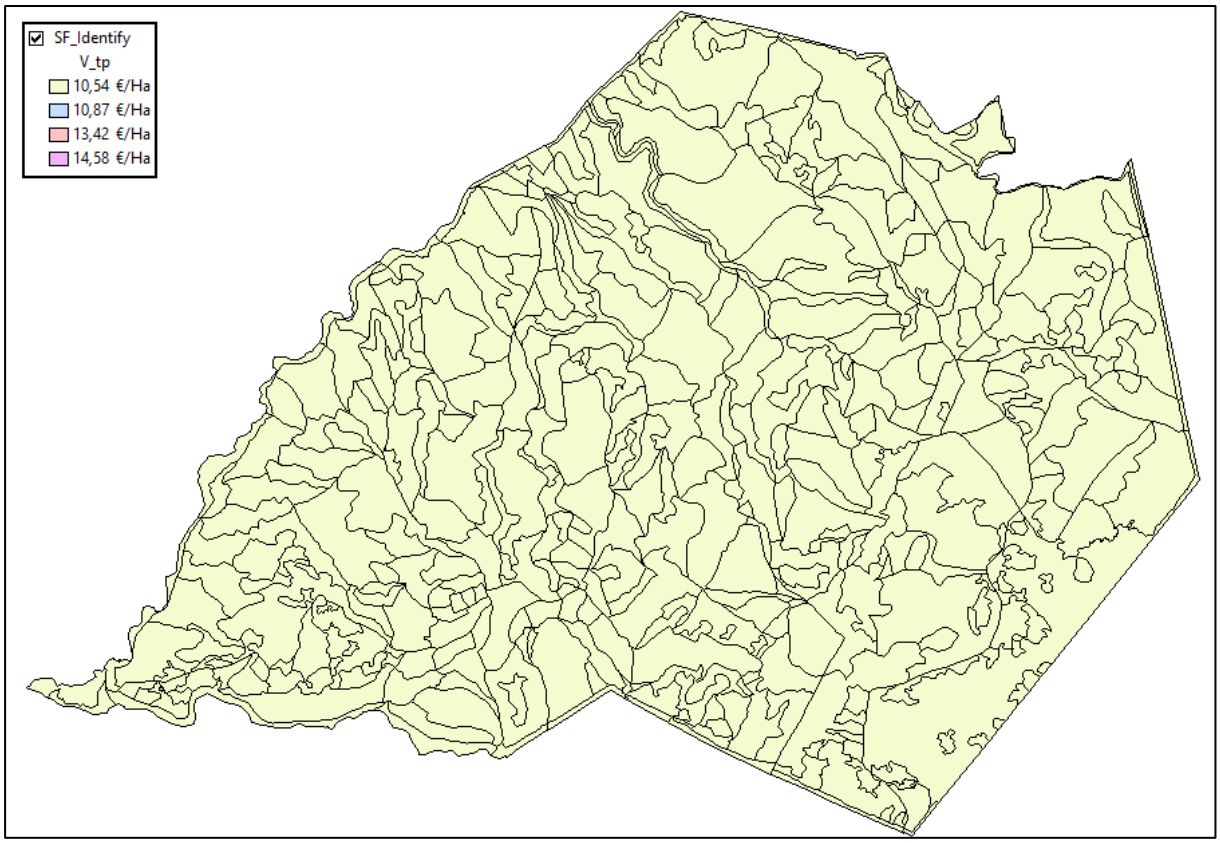


Figura 51 – Rappresentazione del valore parametrico per unità di superficie territoriale prodotto dal turismo per la foresta di Fiorentini. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

In queste figure viene riportato il valore parametrico riferito ad un ettaro di superficie territoriale. È interessante notare che la divisione qui proposta è in funzione del valore monetario ma rappresenta anche la divisione dell'intero complesso forestale nei quattro comuni. In particolare:

- L'UGB di Fiorentini si sviluppa completamente all'interno del territorio comunale di Bultei;
- L'UGB di Anela invece per la maggior parte ricade nel territorio comunale del paese omonimo e per due piccole parti nei comuni di Bultei e Bono;
- L'UGB di Monte Pisanu è suddiviso all'interno dei due comuni di Bono e Bottida; la maggior parte del territorio ricade però nel comune di Bono.

Nella tabella seguente viene riportato il numero di sottoparticelle forestali afferenti territorialmente a ciascun comune, nonché con lo stesso valore parametrico calcolato, relativo alla funzione turistica.

Tabella 63 – Numero sottoparticelle forestali caratterizzate dallo stesso valore parametrico e di conseguenza appartenenti allo stesso comune. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Valore parametrico [€/Ha]	Codice Comune [-]	Comune [-]	N° SF [-]
10,54	A534	Bultei	327
10,87	A977	Bono	308
13,42	A287	Anela	269
14,58	B094	Bottidda	100
Totale SF			**1004**

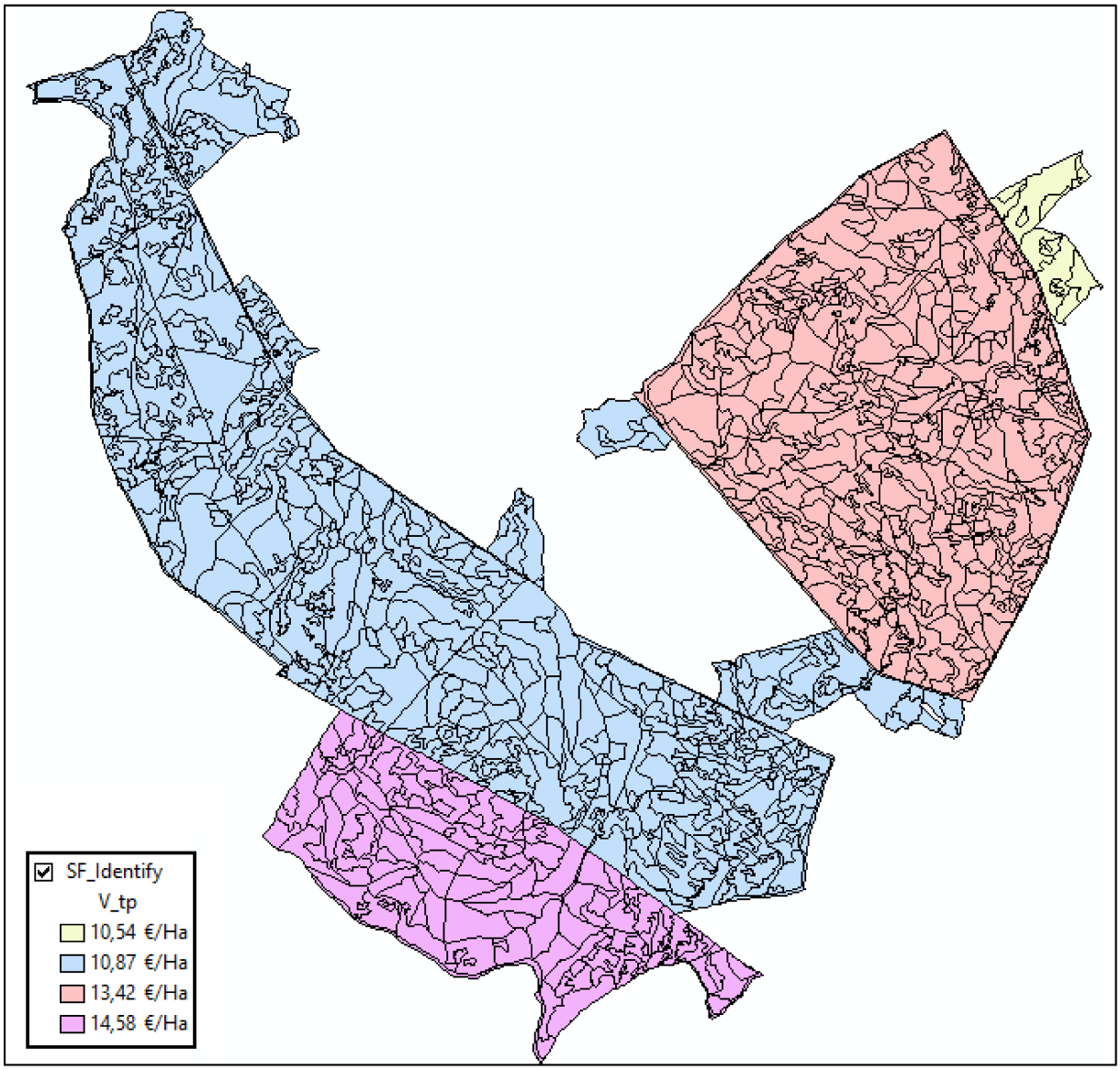


Figura 52 – Rappresentazione del valore parametrico per unità di superficie territoriale prodotto dal Turismo per le foreste di Anela e Monte Pisanu. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Si procede quindi con il calcolo del contributo legato al turismo per ciascuna sottoparticella forestale, semplicemente moltiplicando il valore parametrico per la superficie territoriale lorda della sottoparticella forestale. L'elenco completo dei valori del servizio considerato relativo ad ogni sottoparticella è riportato nell'"Allegato 14: VET – Funzione culturale, turismo"[34]

Nelle figure seguenti viene rappresentato il valore di ciascuna sottoparticella forestale.

[34] Allegato 14: https://tinyurl.com/SEF-All-14

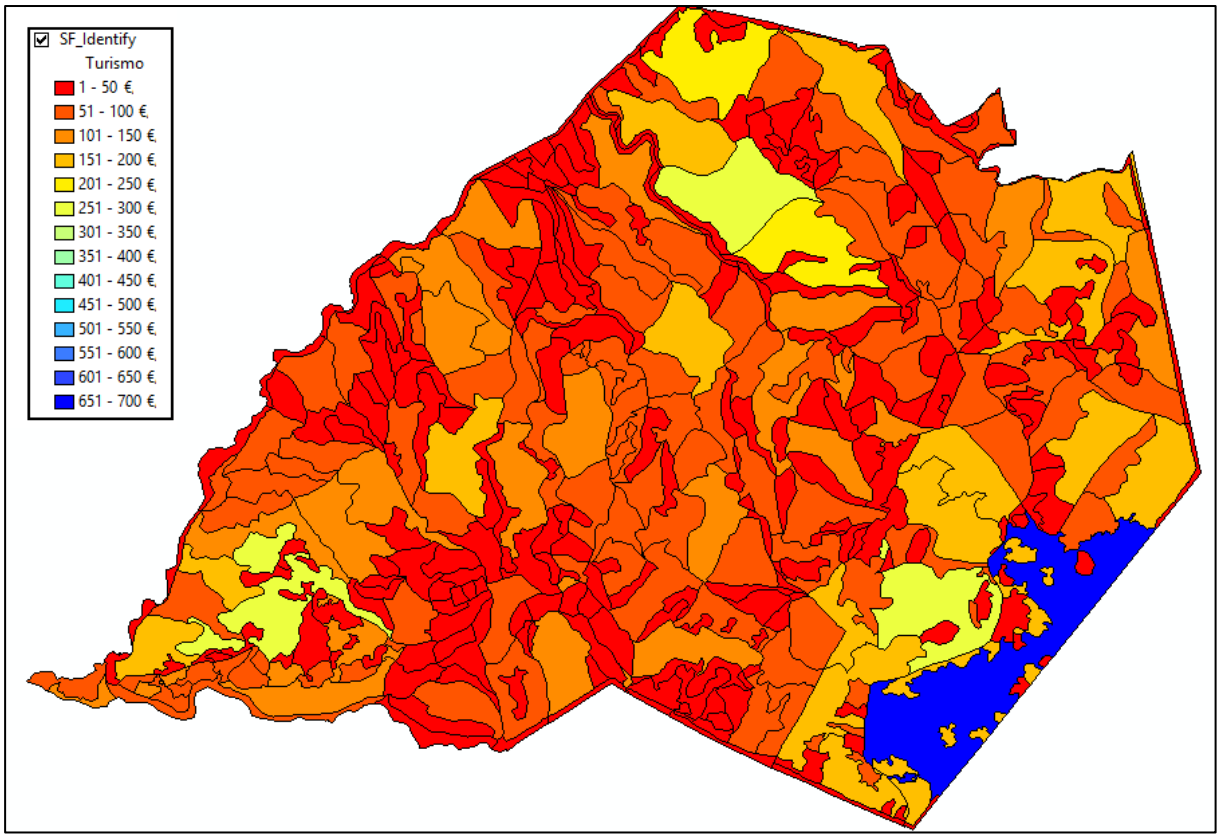


Figura 53 – Rappresentazione del valore culturale prodotto dal turismo per ciascuna sottoparticella forestale della foresta di Fiorentini. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

La variazione del valore economico del servizio ecosistemico considerato nelle varie sottoparticelle forestali è funzione soltanto di due parametri: il comune di appartenenza e la superficie lorda territoriale. In questo caso quindi risulta essere indipendente dal numero o tipologia di specie forestali presenti: per questo motivo infatti tutte le sottoparticelle presentano un valore positivo e non nullo.

Nella seguente tabella viene riportato il valore culturale raggruppato per ciascuna Unità Gestionale di Base. Si può vedere che le foreste di Anela e Fiorentini hanno un valore complessivo simile; risulta invece superiore quello della foresta di Monte Pisanu, che incide per oltre il 40% sul totale delle UGB considerate. Confrontando invece i singoli valori delle foreste con il totale comunale, l'incidenza si attesta attorno a valori compresi tra il 5% e l'8%, mentre l'intero complesso forestale, considerando insieme le tre foreste, rappresenta un quinto del valore totale dei quattro comuni analizzati.

Tabella 64 – Valore complessivo raggruppato per UGB e relativa incidenza sul valore complessivo delle foreste e sul valore totale dei quattro comuni presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

UGB [-]	Valore culturale – Turismo [€]	Incidenza UGB %	Incidenza %
Anela	€ 15.137,21	26,89%	5,38%
Fiorentini	€ 16.684,89	29,64%	5,93%
Monte Pisanu	€ 24.465,11	43,46%	8,70%
Totale Valore Culturale – Turismo UGB	€ 56.287,21	100%	20,00%
Totale Valore Culturale – Turismo – Comuni	€ 281.142,73		

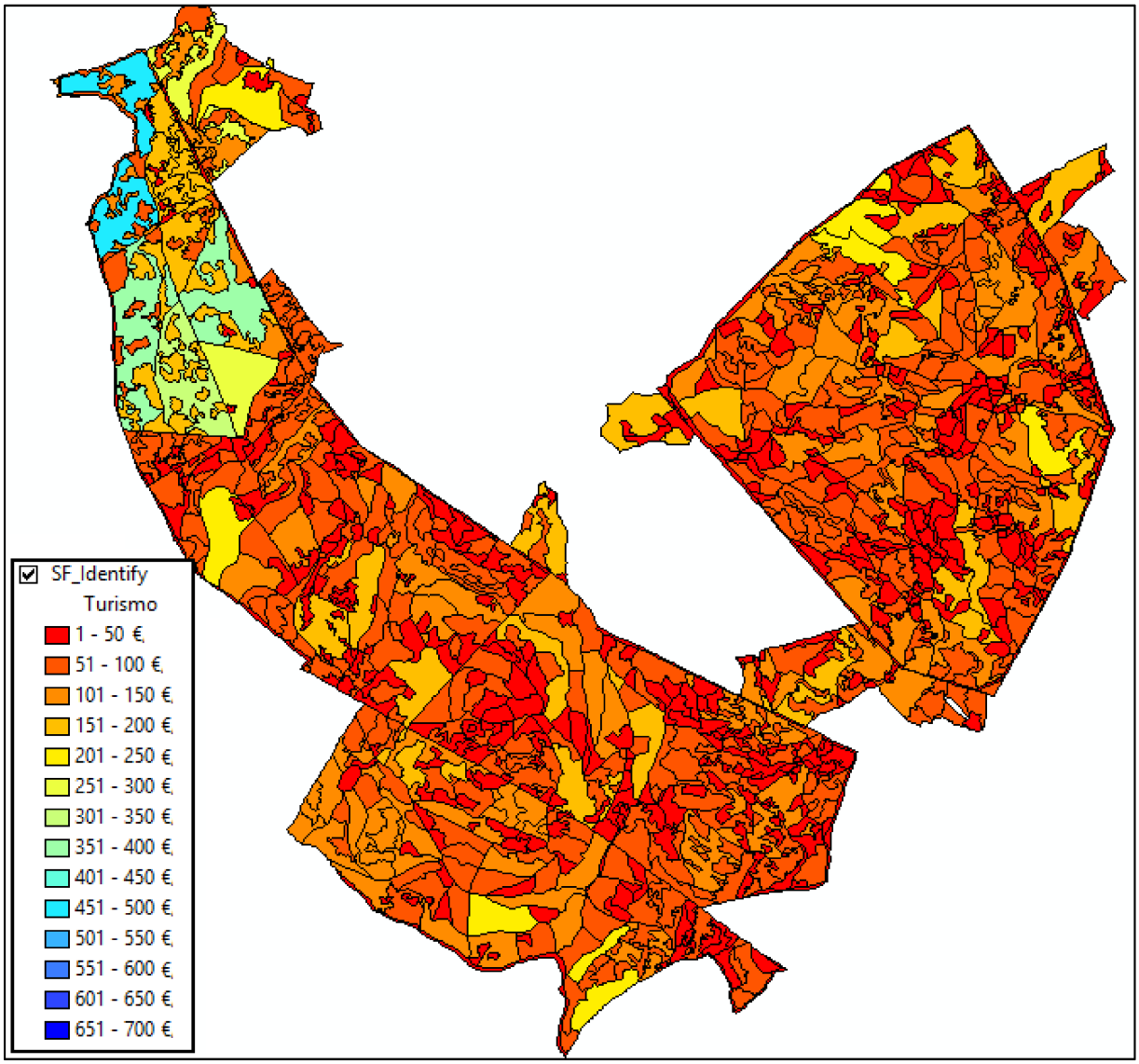


Figura 54 – Rappresentazione del valore culturale prodotto dal turismo per ciascuna sottoparticella forestale delle foreste di Anela e Monte Pisanu. (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

4.2.6. Determinazione del Valore Economico Totale (VET)

Dopo aver determinato per ciascuna sottoparticella forestale presente i tutti i contributi monetizzabili del VET, definiti e scelti in precedenza, è possibile, sommandoli tra loro, ottenere il valore economico totale (VET) riferito a ciascuna sottoparticella forestale.

Nella tabella seguente si riporta quindi un riepilogo dei vari contributi considerati per la definizione del VET.

Tabella 65 – Determinazione del valore economico totale (VET) e del valore parametrico per ciascuna sottoparticella forestale presenti. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	VET - Funzione approvvigionamento [€]	VET - Funzione regolazione, protezione idrogeologica [€]	VET - Funzione regolazione, Sequestro CO_2 [€]	VET - Funzione regolazione [€]	VET Funzione Culturale, turismo [€]	VET [€]	Valore parametrico [€/Ha]
382	€ 30.074,68	€ 43.614,81	€ 36.214,39	€ 79.829,19	€ 42,36	€ 109.946,24	€ 44.871,07
383	€ 20.758,36	€ 69.646,90	€ 13.331,28	€ 82.978,18	€ 29,96	€ 103.766,50	€ 61.355,17
385	€ 119.600,7	€ -	€ 29.220,93	€ 29.220,93	€ 141,35	€ 148.962,99	€ 14.505,17
493	€ 51.273,58	€ 90.571,15	€ 26.460,43	€ 117.031,6	€ 70,22	€ 168.375,38	€ 33.090,91
494	€ 40.873,46	€ -	€ 9.843,54	€ 9.843,54	€ 54,76	€ 50.771,76	€ 3.552,37

Per l'elenco completo del valore economico totale (VET) e del valore parametrico, ottenuto dividendo il valore economico totale di ogni particella per la superficie netta della particella stessa, si rimanda all'"Allegato 15: Valore economico totale (VET) e valore parametrico per ciascuna SF"[35]. Nelle figure seguenti viene rappresentata la variazione del valore economico totale parametrico nelle varie sottoparticelle forestali. Infine, si riporta un riepilogo di ogni componente del VET (approvvigionamento, regolazione, culturali) per ciascuna Unità Gestionale di Base.

[35] Allegato 15: https://tinyurl.com/SEF-All-15

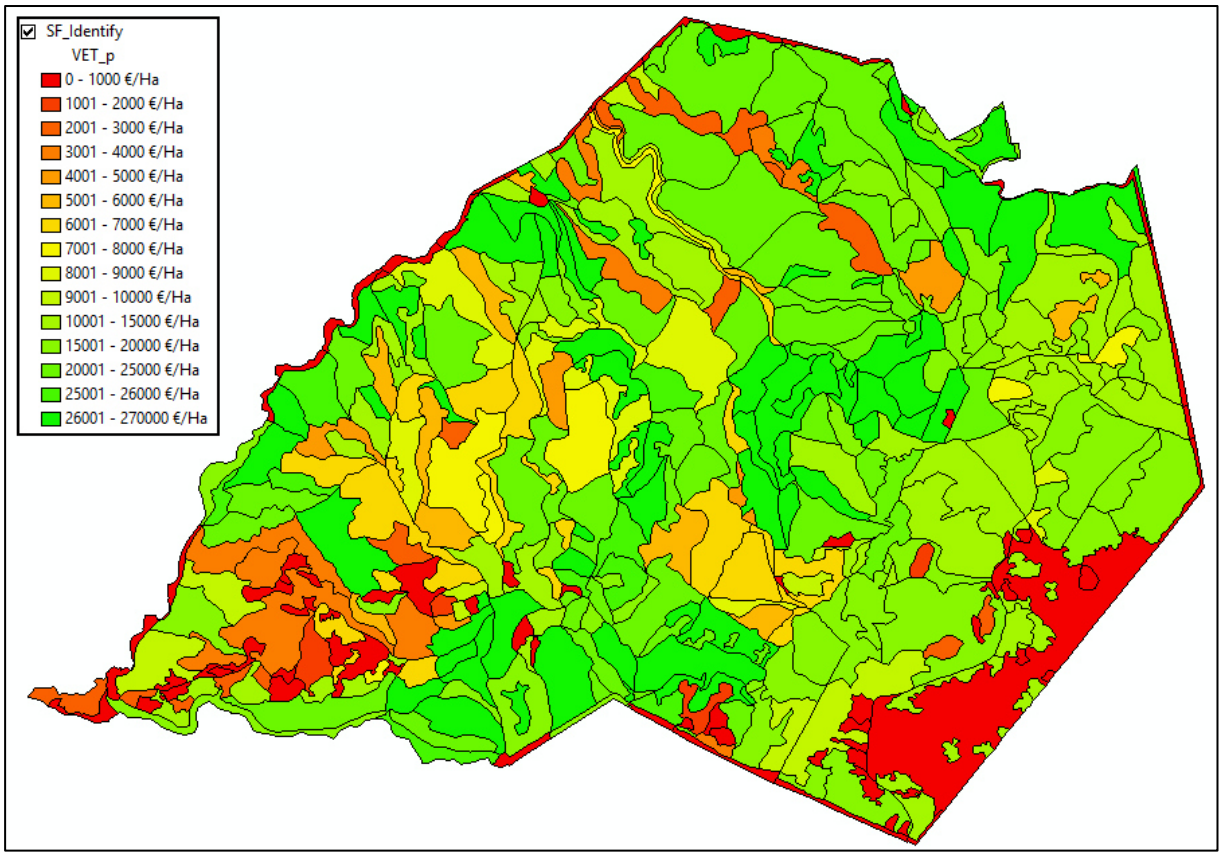


Figura 55 – Rappresentazione del valore economico totale parametrico per ciascuna SF della foresta di Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Tabella 66 – Riepilogo valore economico totale (VET) e valore parametrico per ciascuna Unità Gestionale di Base presente. [Fonte: elaborazione dell'autore.]

UGB [-]	VET - Funzione approvvigionamento [€]	VET - Funzione regolazione, protezione idrogeologica [€]	VET - Funzione regolazione, sequestro CO_2 [€]	VET - Funzione regolazione [€]
Anela	€ 8.172.335,53	€ 9.362.463,02	€ 6.370.209,25	€ 15.732.672,28
Fiorentini	€ 10.191.985,03	€ 11.175.833,19	€ 3.977.515,80	€ 15.153.348,98
Monte Pisanu	€ 13.597.430,13	€ 12.091.577,21	€ 12.643.060,92	€ 24.734.638,13
Totale	€ 31.961.750,68	€ 32.629.873,42	€ 22.990.785,97	€ 55.620.659,38
Incidenza	**36,47%**	37,23%	26,23%	**63,47%**

UGB [-]	VET Funzione Culturale, turismo [€]	VET [€]	Valore parametrico [€/Ha]
Anela	€ 15.010,62	€ 23.920.018,43	€ 22.693,68
Fiorentini	€ 16.684,89	€ 25.362.018,89	€ 16.749,03
Monte Pisanu	€ 24.465,11	€ 38.356.533,36	€ 19.614,82
Totale	€ 56.160,62	€ 87.638.570,69	€ 19.372,93
Incidenza	**0,06%**	**100%**	

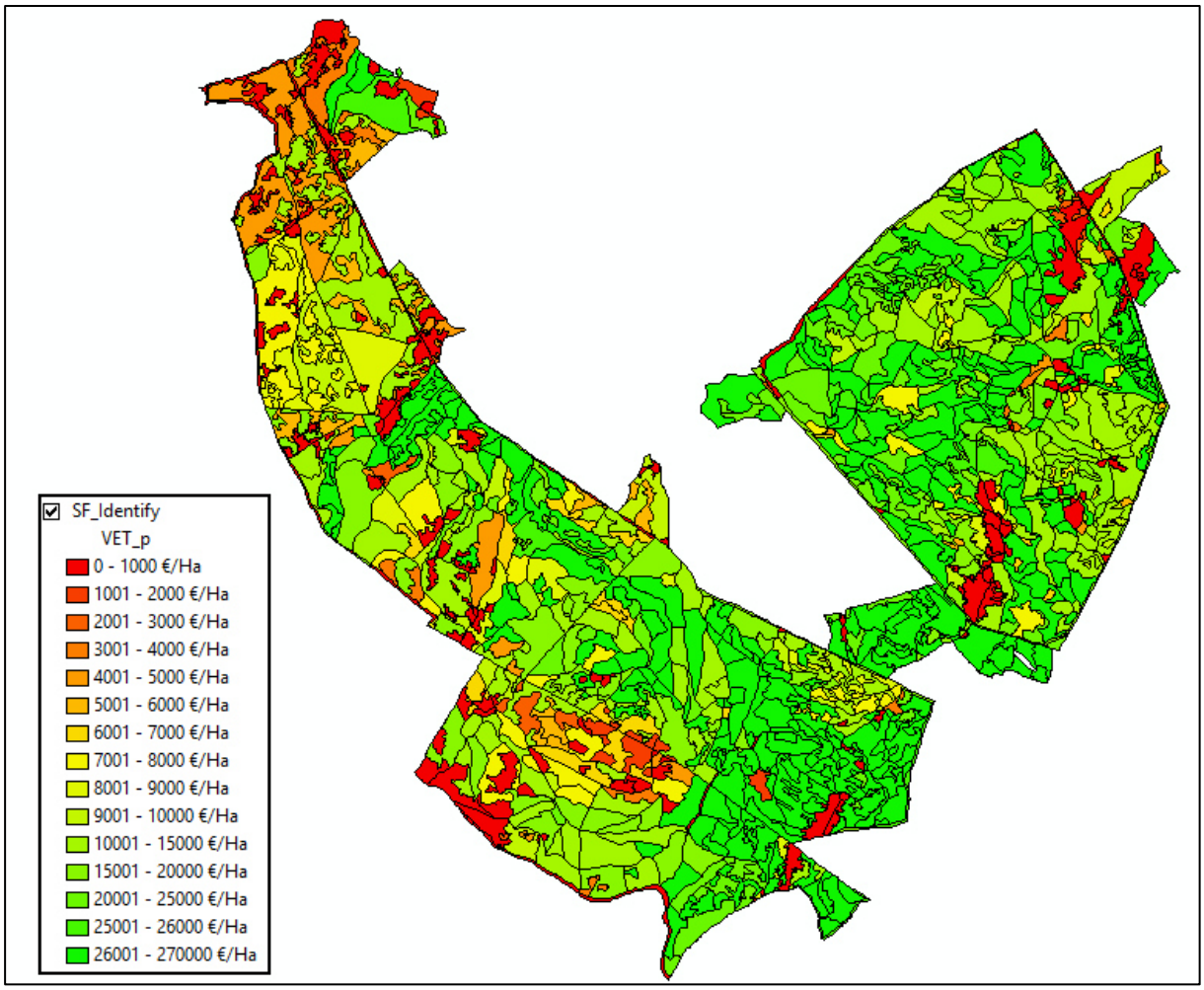


Figura 56 – Rappresentazione del valore economico totale parametrico per ciascuna SF delle foreste di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

CAPITOLO 5.
OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

A partire dagli ultimi decenni anche in Italia è stata riconosciuta l'importanza dei Servizi Ecosistemici Forestali (SEF), intesi come quella serie di servizi e benefici prodotti dalle aree boscate a favore delle attività antropiche. I principali servizi forniti si possono suddividere nelle seguenti funzioni: funzione di approvvigionamento, funzione di regolazione e funzione culturale, i quali a loro volta contengono numerosissimi contributi. Spesso però l'importanza di questi servizi ecosistemici forestali viene solo riconosciuta quando si viene a verificare la mancanza di tali benefici. Ad esempio, interventi di deforestazione causano in primo luogo l'eliminazione degli alberi, ma incidono notevolmente anche sulla protezione del territorio e sulle condizioni microclimatiche del sito (riduzione dell'assorbimento di CO_2, aumento della temperatura e maggior rischio idrogeologico per le aree interessate dall'intervento.) Per questi motivi al giorno d'oggi occorre effettuare delle analisi economiche multidisciplinari che, in modo oggettivo, attribuiscano un valore monetario derivante dalla presenza di questi benefici, al fine di tutelare e valorizzare queste aree boscate. Queste valutazioni economiche hanno quindi un duplice scopo: da un lato permettono ai tecnici ed alle amministrazioni locali e nazionali di elaborare piani di governo e gestione del territorio volti a tutelare l'interesse pubblico ambientale mentre dall'altro lato permettono a tutta la popolazione di riconoscere il vero valore al fine di mantenere in efficienza questi servizi.

Si riporta ora il confronto tra il Valore Economico ed il Valore Economico Totale calcolato per ciascuna sottoparticella forestale presente all'interno del complesso forestale del Goceano. Inoltre, per ciascuna sottoparticella forestale viene determinata anche la differenza tra i rispettivi valori parametrici.

Nella tabella seguente si riporta un estratto del foglio di calcolo utilizzato per il confronto tra i due valori economici prima determinati.

Tabella 67 – Confronto tra il Valore Economico (VE) ed il Valore Economico Totale (VET) per ciascuna sottoparticella forestale presente. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Id SF [-]	VE [€]	VE parametrico [€/Ha]	VET [€]	VET parametrico [€/Ha]	Δ VET - VE [€]	Δ VET - VE parametrico [€/Ha]
382	€ 10.033,98	€ 4.095,05	€ 109.946,24	€ 44.871,07	€ 99.912,25	€ 40.776,02
383	€ 6.925,73	€ 4.095,05	€ 103.766,50	€ 61.355,17	€ 96.840,77	€ 57.260,12
385	€ 39.805,26	€ 3.876,01	€ 148.962,99	€ 14.505,17	€ 109.157,72	€ 10.629,16
493	€ 17.106,69	€ 3.361,99	€ 168.375,38	€ 33.090,91	€ 151.268,69	€ 29.728,92
494	€ 13.636,84	€ 3.640,05	€ 50.771,76	€ 13.552,37	€ 37.134,92	€ 9.912,33

Per i valori di ciascuna sottoparticella forestale ottenuti dal confronto tra il Valore Economico ed il Valore Economico Totale, si rimanda all'"Allegato 16: Confronto tra il VE e il VET per ciascuna SF"[36].

[36] Allegato 16: https://tinyurl.com/SEF-All-16

Nelle figure seguenti viene rappresentata la differenza tra il Valore Economico Totale (VET) ed il Valore Economico (VE), sempre riferita ad un ettaro di superficie netta, per ciascuna sottoparticella forestale.

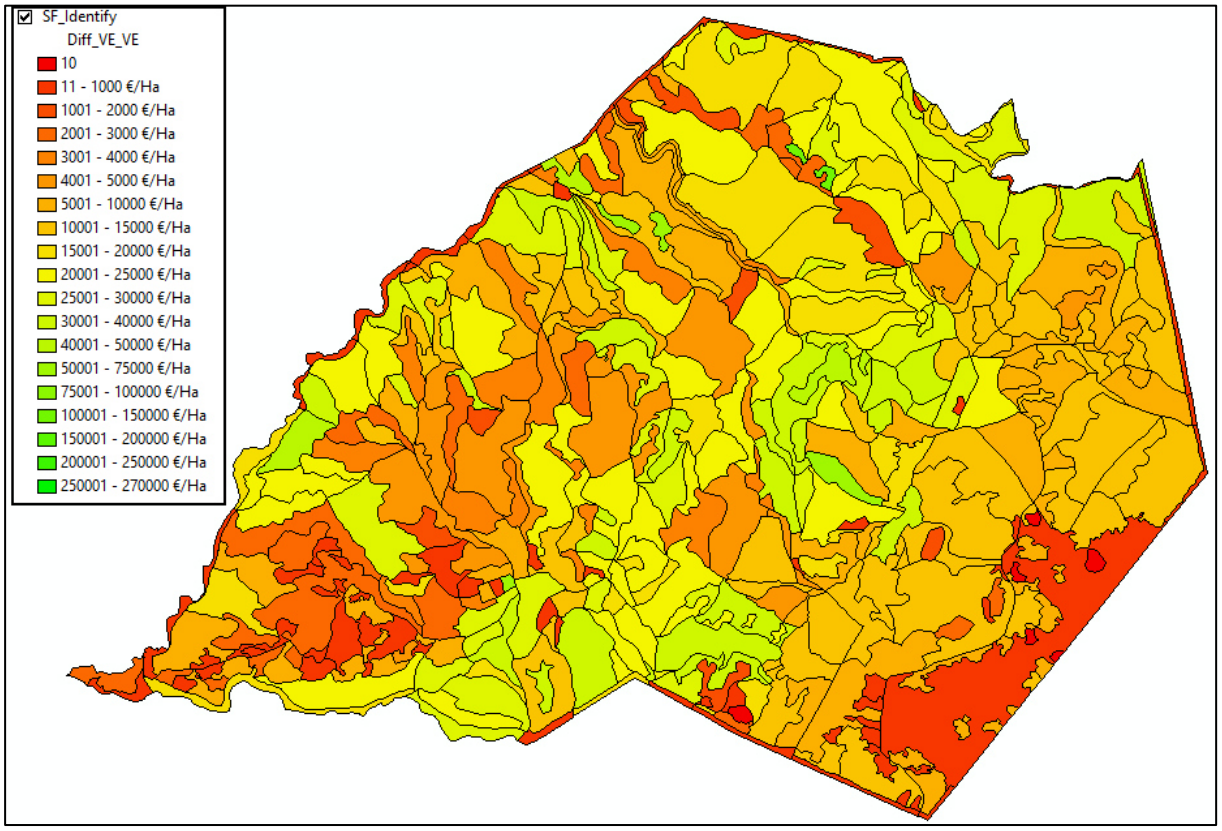


Figura 57 – Rappresentazione della differenza di valore, parametrizzata per un ettaro di superficie, tra il Valore Economico Totale ed il Valore Economico per ciascuna SF della foresta di Fiorentini (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

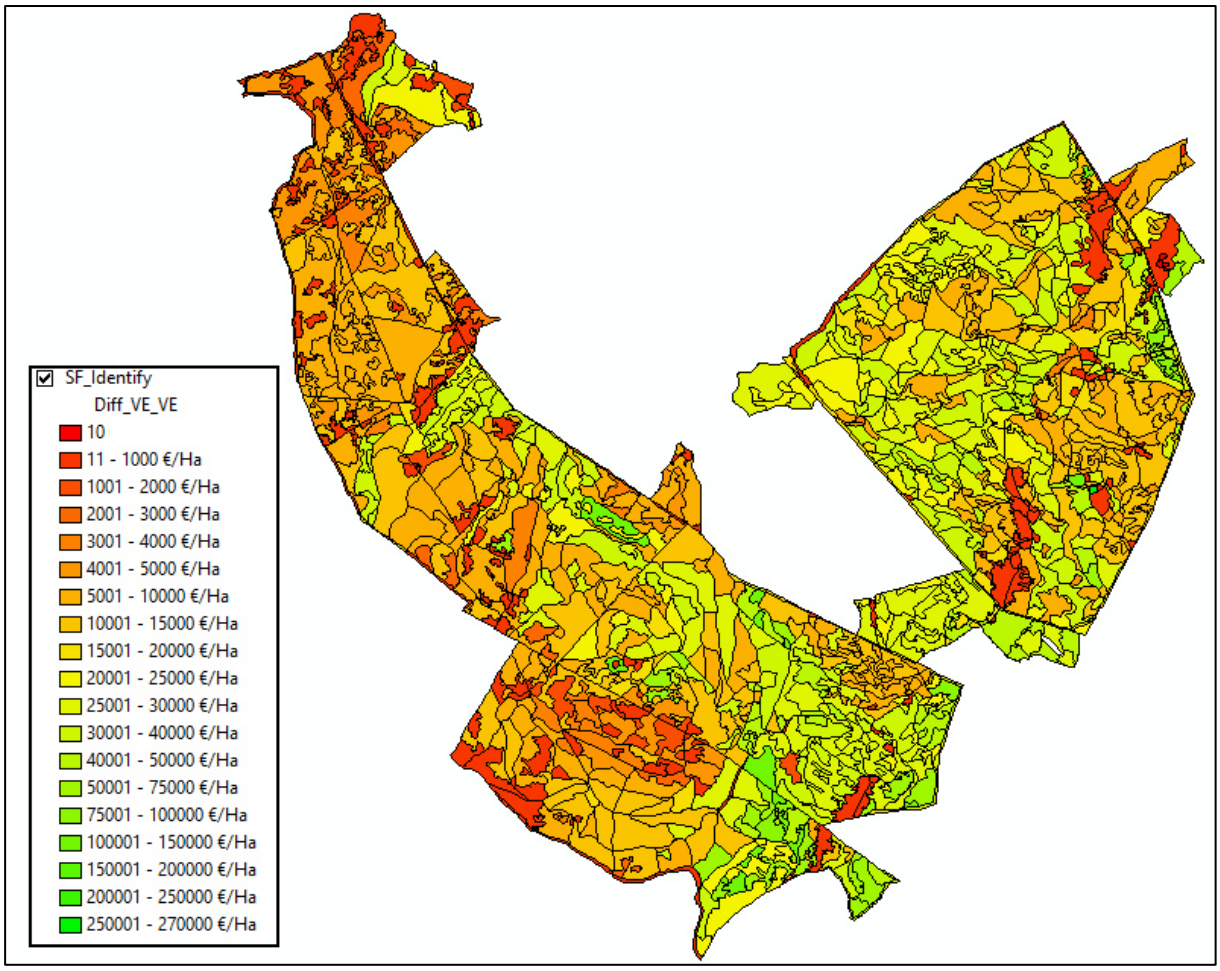


Figura 58 – Rappresentazione della differenza di valore, parametrizzata per un ettaro di superficie, tra il Valore Economico Totale ed il Valore Economico per ciascuna SF delle foreste di Anela e Monte Pisanu (Rappresentazione non in scala, unità di misura dati: €/Ha). [Fonte: elaborazione dell'autore].

Osservazioni sui risultati ottenuti:

- Per semplicità, tutti gli assortimenti di legname prodotti per uso energetico, da lavoro e l'estrazione dei prodotti sughericoli (sughero gentile e sugherone) sono stati considerati disponibili tutti nello stesso anno. Nella realtà la produzione ed estrazione di tali materiali è regolata da cicli temporali ben stabiliti: ad esempio per l'estrazione del sughero, la Legge Regionale n° 4/1994 della regione Sardegna in materia di "Disciplina e provvidenze a favore della sughericoltura", impone una serie di limitazioni all'estrazione del sughero con cicli ogni 10÷12 anni, per tutelare l'esistenza della specie e la produzione futura del pregiato materiale sughericolo. Per quanto riguarda invece il legname per uso energetico e da lavoro la maggior parte delle specie considerate in questa analisi hanno cicli di produzione di circa 40÷50 anni;
- Tutti i valori economici sono stati determinati in base alla consistenza indicata nel Registro Particellare, a seguito del rilievo effettuato dai tecnici nel 2017, senza considerare l'effettiva diminuzione dei servizi ecosistemici, principalmente le funzioni di regolazione e approvvigionamento, che si verificherebbe negli anni successivi al prelievo massivo di legname da lavoro o per uso energetico;
- A differenza del Valore Economico che per alcune sottoparticelle forestali è nullo (ad esempio in tutte le sottocategorie forestali indicate al paragrafo §3.4.5. dove non sono presenti specie forestali, oppure in tutte quelle sottoparticelle forestali in cui sono presenti soltanto specie forestali classificate come ornamentali, come riportato nella tabella 24), in base alle assunzioni

indicate al paragrafo §4.1.3, per quanto riguarda il VET ciascuna sottoparticella forestale ha un suo valore, dovuto principalmente ai contributi derivanti dalla funzione di regolazione, in particolare il sequestro di Carbonio e la funzione culturale;

- Il grafico sottostante rappresenta il grande valore economico derivante dalla presenza dei servizi ecosistemici forestali (SEF) presenti. Si ricorda però che in questo elaborato non sono stati valutati economicamente, attribuendo cioè un valore monetario, tutti i benefici e servizi ecosistemici ritraibili dalle tre foreste demaniali del Goceano in oggetto (per le motivazioni di tale scelta, effettuata in modo cautelativo, si rimanda ai paragrafi §4.2.1. e §4.2.2.). Si può quindi affermare che il VET trovato rappresenta, con buona approssimazione, un limite inferiore del valore dei benefici e servizi ecosistemici prodotti dagli ecosistemi analizzati.

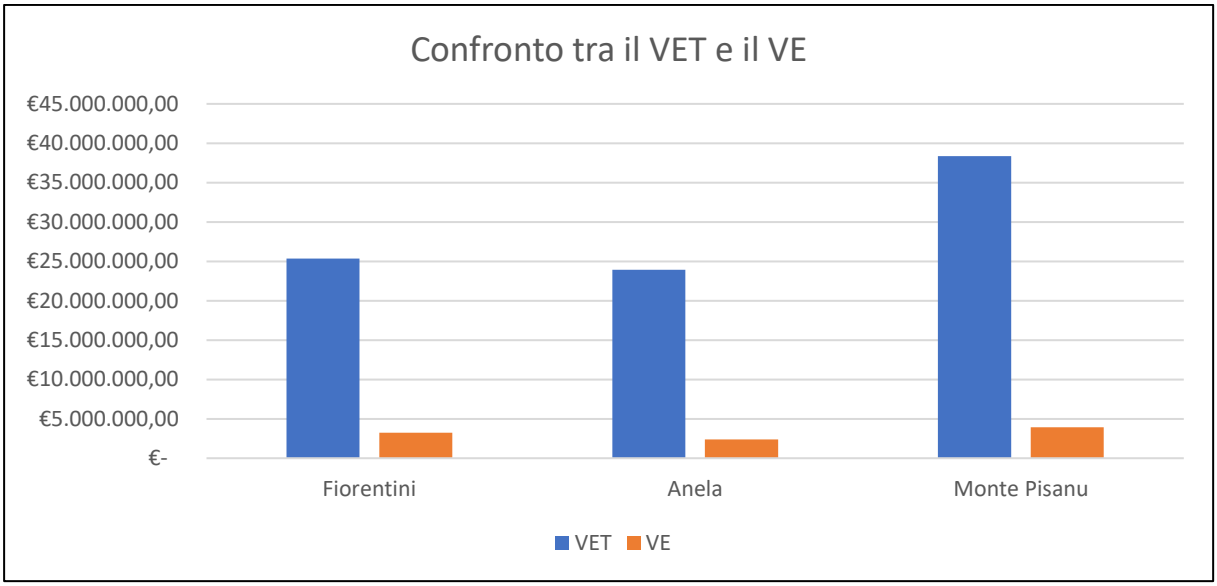


Grafico 6 – Confronto tra il Valore Economico Totale ed il Valore Economico, raggruppati per Unità Gestionale di Base. [Fonte: elaborazione dell'autore.]

Come si può osservare dal grafico sopra riportato la differenza tra il Valore Economico Totale ed il Valore Economico è molto importante. Si riporta infine per ciascuna Unità Gestionale di Base la suddivisione in percentuale dei vari contributi considerati che determinano il Valore Economico Totale. Si può osservare che in tutte le tre unità forestali considerate il contributo predominante del VET è rappresentato dalle funzioni di approvvigionamento e di regolazione, mentre per quanto riguarda il valore della funzione culturale esso è molto limitato. Si evidenzia inoltre il contributo, dell'ordine del 5%, riferito all'approvvigionamento dei prodotti da sughero, presente soltanto nella foresta di Fiorentini.

Arrivati al termine di questa analisi economica è necessario effettuare una valutazione sull'utilizzo del modello GIS e del sistema di classificazione che ha previsto la suddivisione del territorio in numerose sottoparticelle forestali. Va riconosciuto senz'altro il grande contributo offerto a livello di rappresentazione e visualizzazione grafica dei risultati ottenuti (in assenza del modello si sarebbero avute a disposizione soltanto numerose tabelle di dati). Dall'altro lato però la grande frammentazione territoriale in alcuni casi ha creato alcune criticità di gestione dei dati, limitando forse a primo impatto la comprensione dei risultati ottenuti. A questo problema si è ovviato proponendo una serie di riepiloghi dei principali risultati ottenuti per ciascuna Unità Gestionale di Base (Fiorentini, Anela, Monte Pisanu).

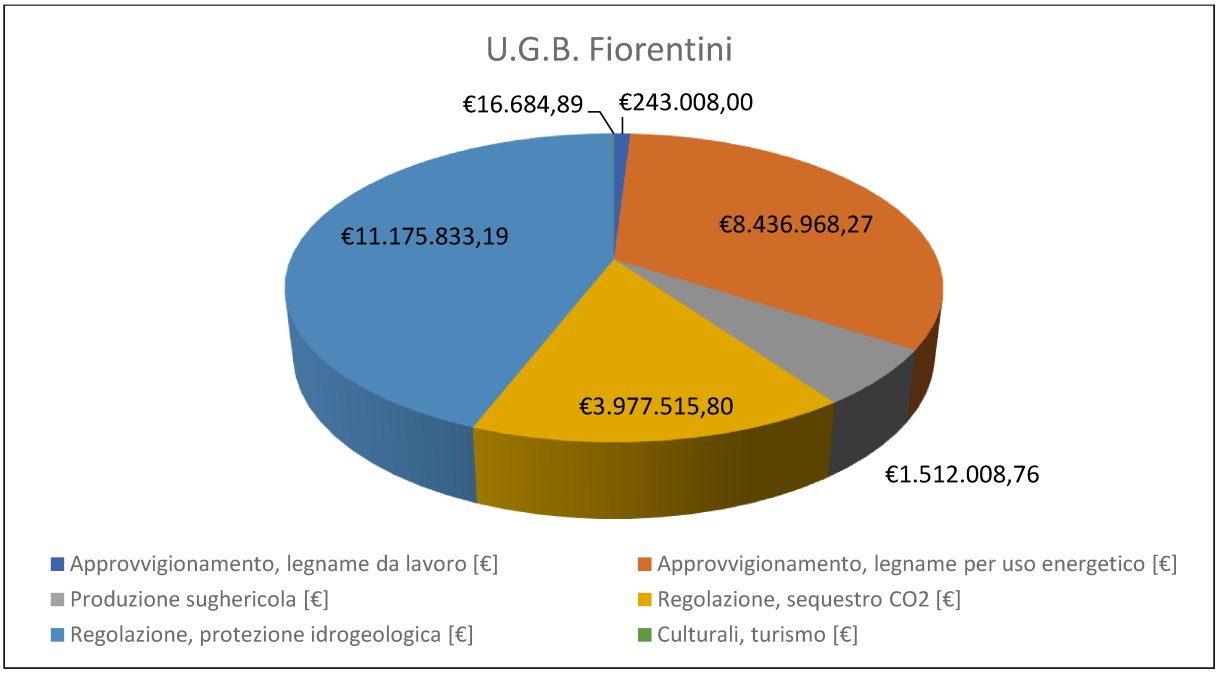


Grafico 7 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'UGB di Fiorentini, valori complessivi (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

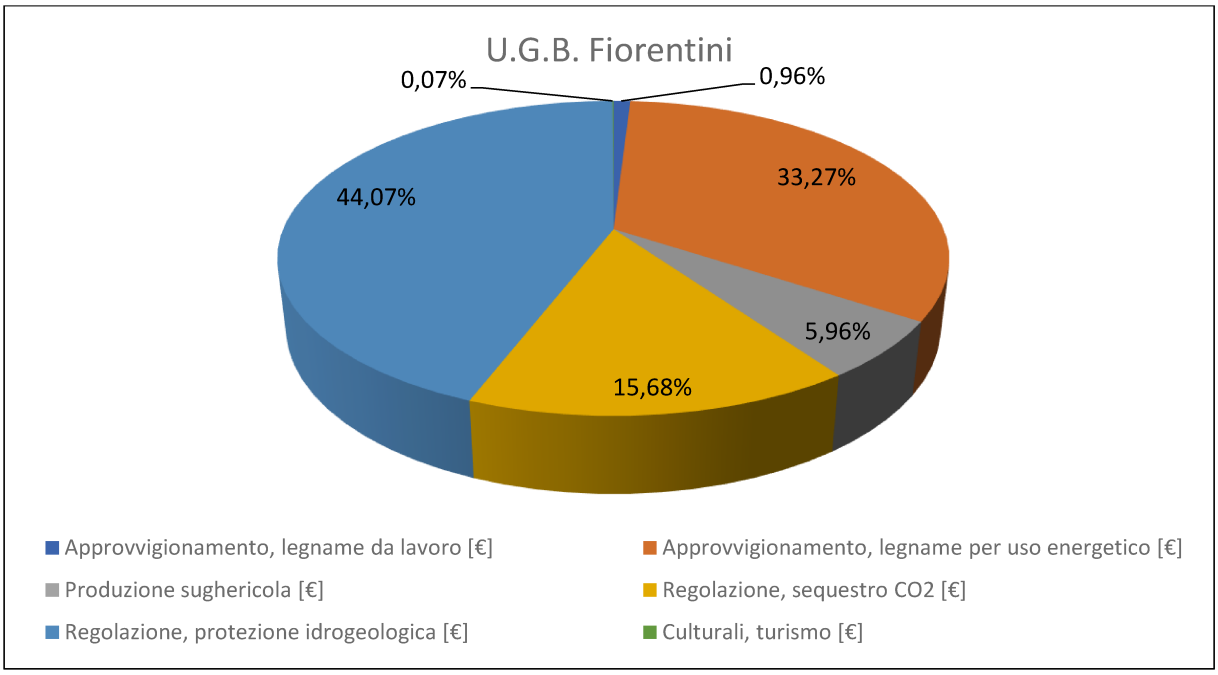


Grafico 8 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'UGB di Fiorentini, incidenza percentuale (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

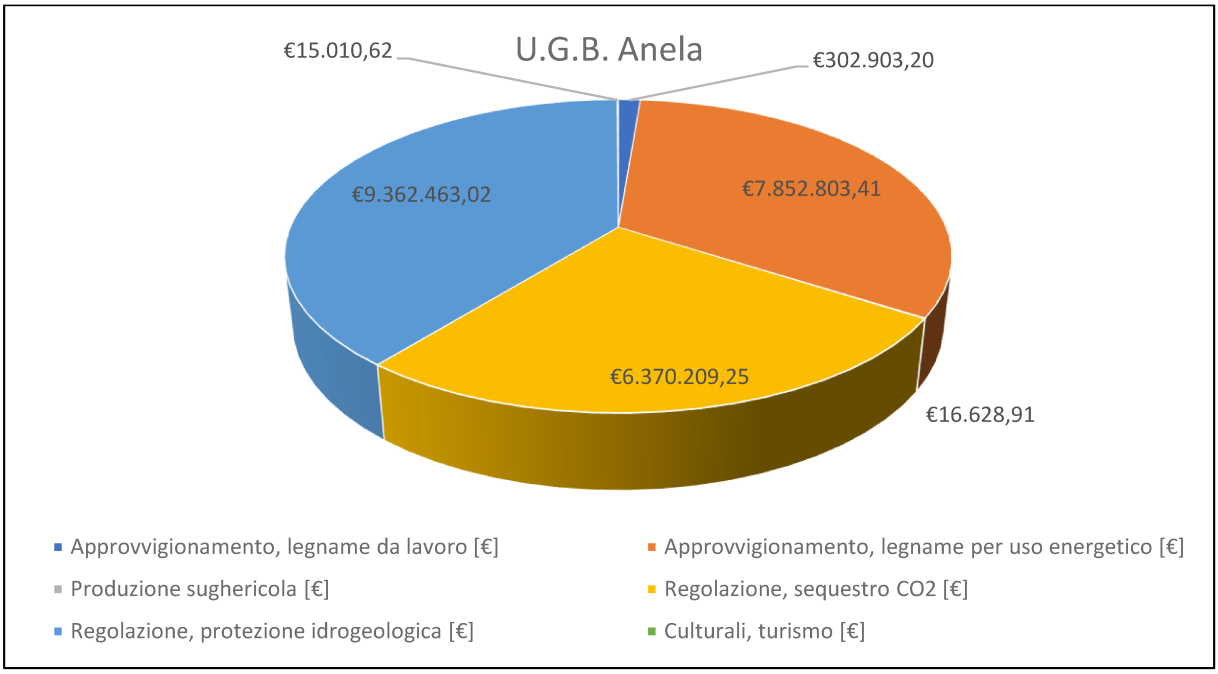


Grafico 9 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'UGB di Anela, valori complessivi (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

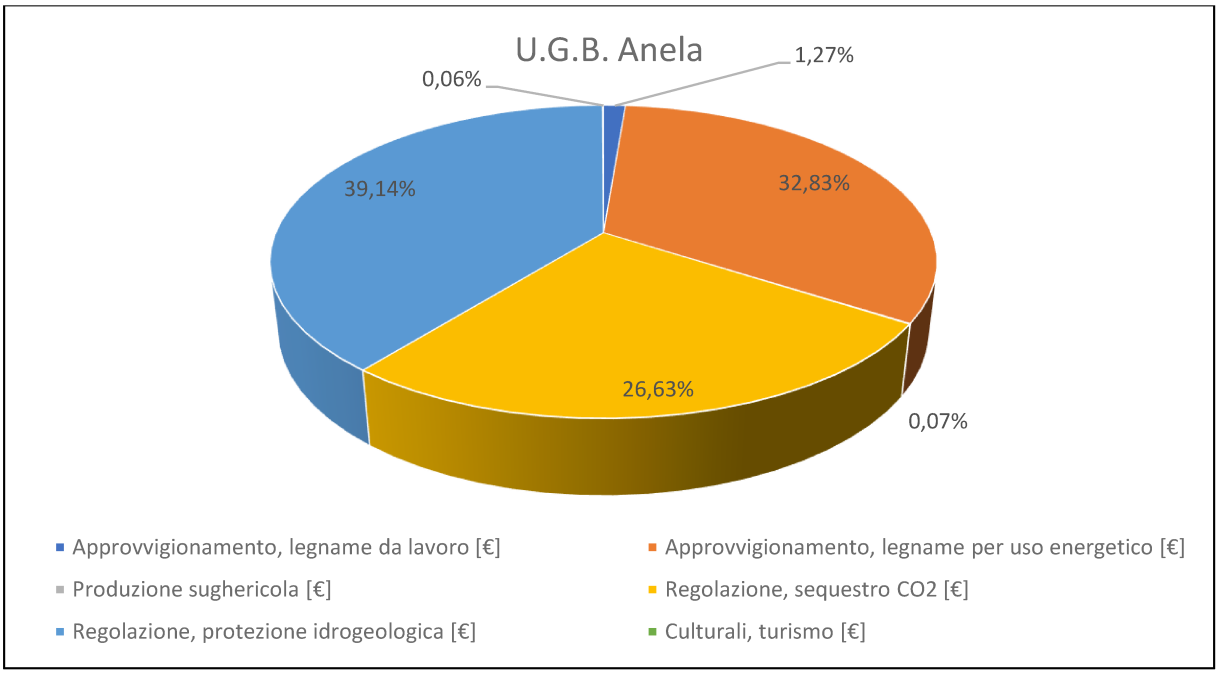


Grafico 10 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'UGB di Anela, incidenza percentuale (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

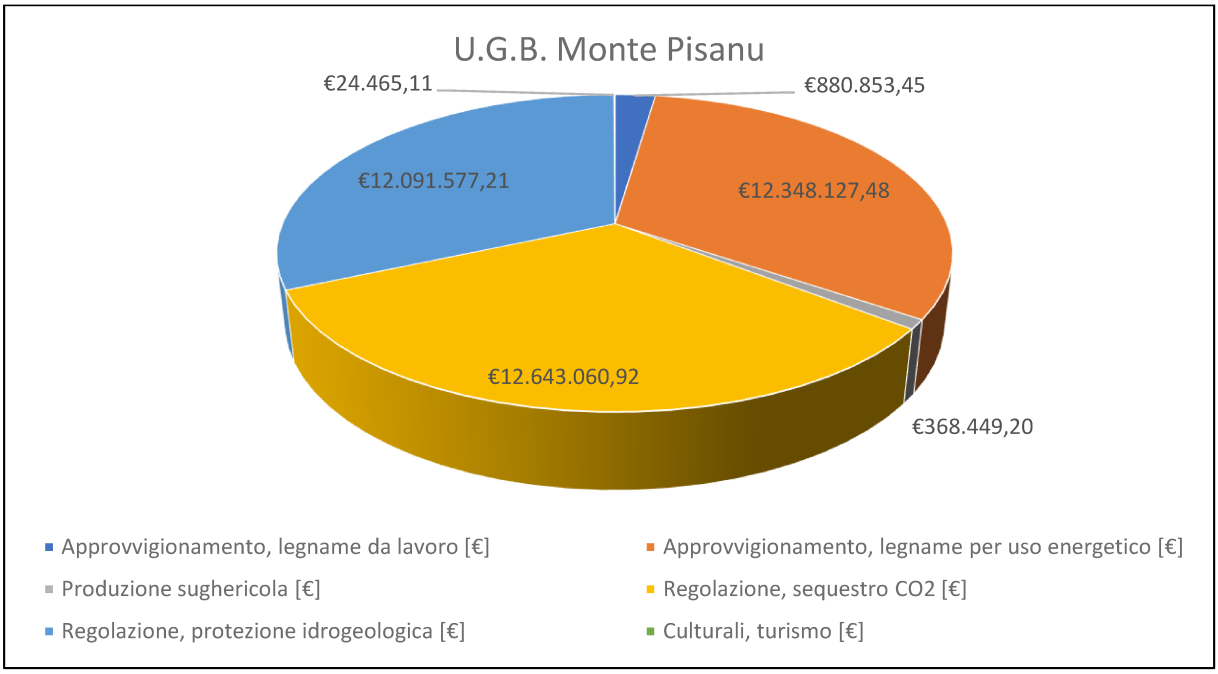


Grafico 11 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'UGB di Monte Pisanu, valori complessivi (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

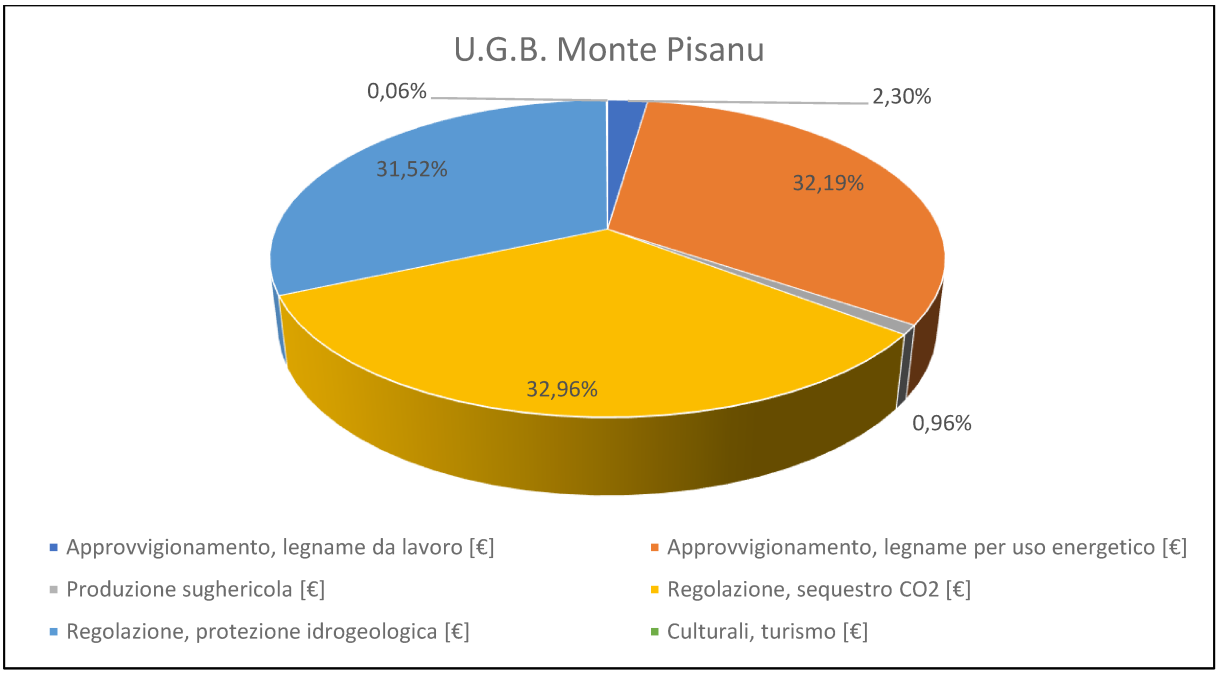


Grafico 12 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'UGB di Monte Pisanu, incidenza percentuale (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

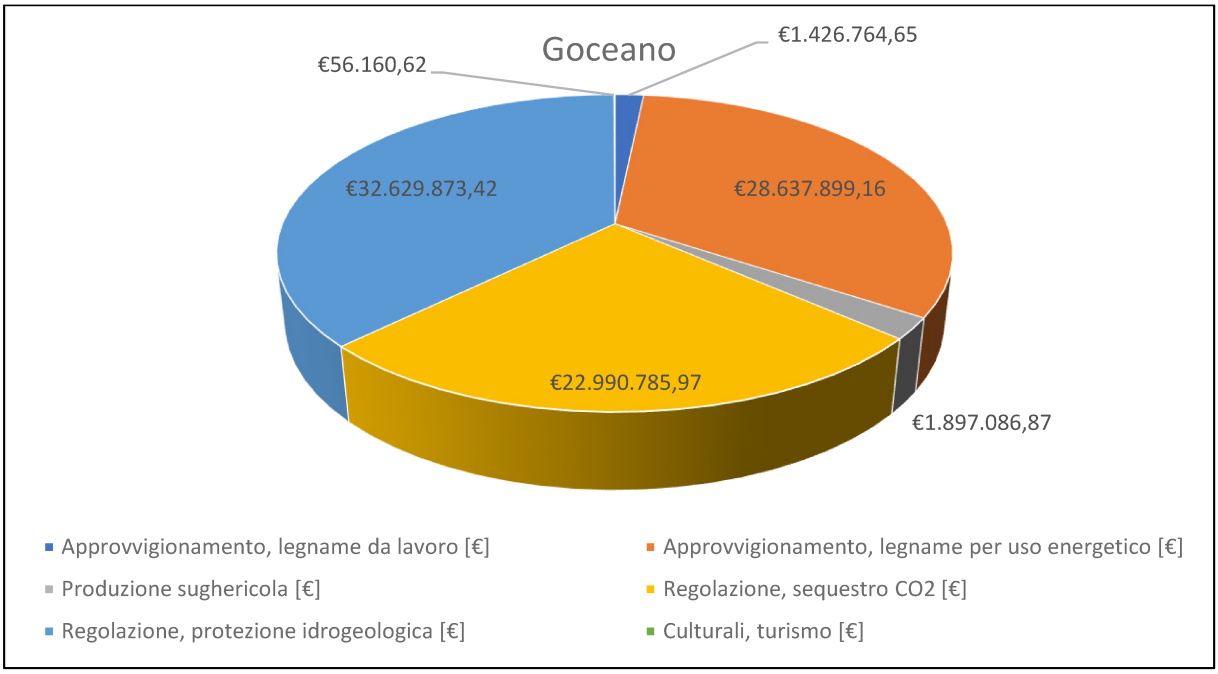


Grafico 13 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'intero complesso forestale demaniale del Goceano, valori complessivi (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

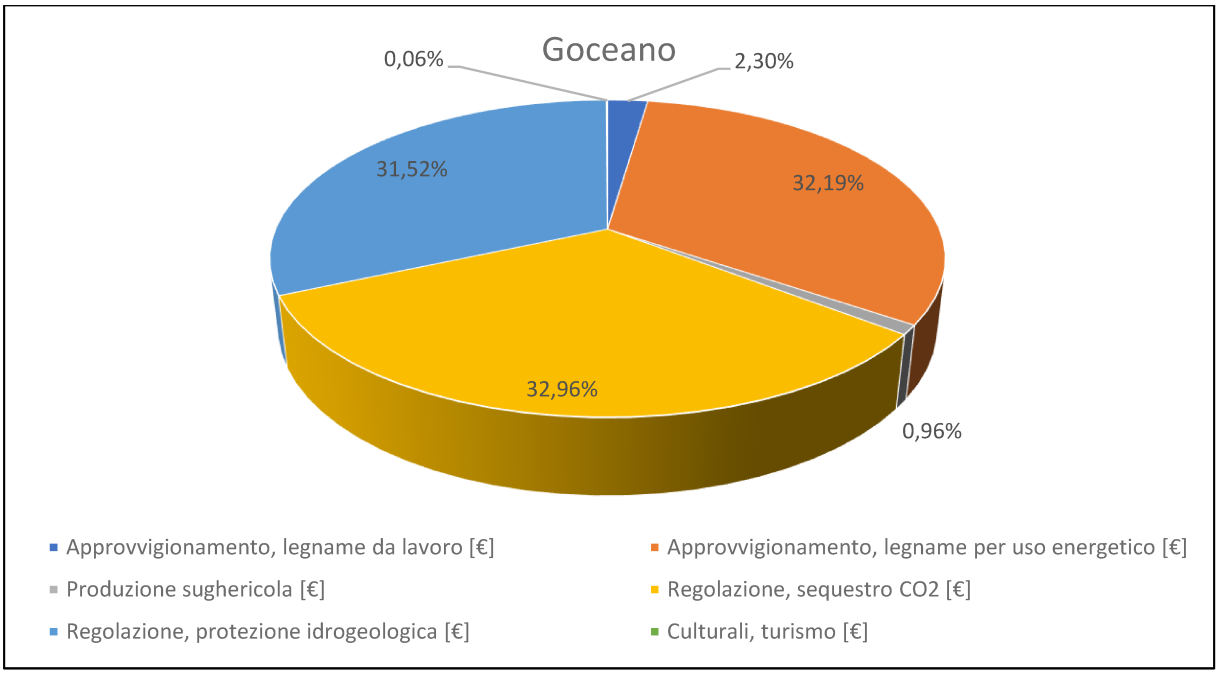


Grafico 14 – Rappresentazione delle componenti del VET per l'intero complesso forestale demaniale del Goceano, incidenza percentuale (unità di misura: €). [Fonte: elaborazione dell'autore].

5.1. Sviluppi futuri

A partire dai dati e risultati ottenuti da questa tesi di laurea si potranno effettuare ulteriori analisi, considerando la periodicità dei cicli di produzione del legname per uso energetico e da lavoro ed estrazione del materiale sughericolo (sughero gentile e sugherone), analizzando ad esempio un periodo quarantennale. In questo caso però occorrerà anche considerare la diminuzione delle specie forestali presenti, che determineranno una significativa riduzione del Valore Economico Totale, in particolare la funzione di approvvigionamento e di regolazione.

Un ulteriore interessante analisi può prevedere la valutazione monetaria di alcuni di quei contributi facenti parte del VET ma non analizzati analiticamente in questo saggio. Per fare ciò sarà però necessario essere in possesso di dati oggettivi e rappresentativi dei benefici considerati per l'area in esame.

Per quanto riguarda invece il contributo relativo alla funzione culturale, determinato in questa fase in modo sintetico utilizzando dati a livello nazionale, si potrebbe effettuare un'indagine, attraverso la realizzazione e distribuzione di questionari anonimi, per la valutazione della disponibilità a pagare (DAP) di un campione di turisti frequentanti le aree del Goceano e residenti nell'area oggetto di studio.

Infine, un importante tema di approfondimento possibile è quello legato al modello GIS, utilizzato in questa trattazione soltanto per fini rappresentativi. Se implementato con tutte le informazioni relative agli interventi forestali e alle caratteristiche descrittive non considerate (viabilità, edifici, descrizione di aree adibite a pascolo, copertura arborea), può essere utilizzato per avere una rappresentazione puntuale di tutti gli elementi presenti. Inoltre, riportando e tenendo aggiornati anche i dati relativi ai danni, come ad esempio il passaggio degli incendi, ed agli interventi selvicolturali programmati, può essere di grande aiuto nella fase di gestione attiva e sostenibile dell'intero ecosistema. Giunti a questo sviluppo sarà poi possibile interrogare in modo efficacie il modello GIS per ottenere i dati di volta in volta necessari.

BIBLIOGRAFIA

[1] Agenzia forestale regionale per lo sviluppo del territorio e dell'ambiente della Sardegna (Fo.Re.S.T.A.S.). Servizio territoriale di Cagliari. *Complesso forestale 18° - Gutturumannu: estrazione e vendita prodotti sughericoli – anno 2017, relazione di stima.* Cagliari: 2017.

[2] Agenzia forestale regionale per lo sviluppo del territorio e dell'ambiente della Sardegna (Fo.Re.S.T.A.S.). Servizio territoriale di Cagliari. *Avviso d'asta a pubblico incanto per la vendita di sugherete appartenenti al presidio forestale demaniale di Fiorentini, in agro al comune di Bultei.* Bultei, 2019.

[3] Benvenuti F., *La valutazione economica dei beni ambientali: principi teorici e metodologie.* Roma: Università degli studi di Roma "Tor Vergata", materiale didattico del corso di laurea triennale in ecologia sperimentale ed applicata.

[4] Brun F., Blanc S., 2017, *Aspetti metodologici per la realizzazione della stima del prezzo di macchiatico*. Editore Università degli Studi di Torino ISBN 978-88-759-0115-8.

[5] Brun F., Paletto A., Il valore economico totale dei boschi del comune di Oulx, < http://hdl.handle.net/2318/108068 >. Data ultimo aggiornamento: 2003. (Ultima consultazione: 18 giugno 2020).

[6] Comune di Onanì (Nuoro), *Stima del più probabile valore di macchiatico del sughero estraibile dalla sughereta di proprietà del comune di Onanì sita in località "S'Aspiddagliu – Leperi – Murros D'Avria – Melonaglia – Sos Panios": relazione di stima.* Onanì: 2019.

[7] Comune di Oniferi (Nuoro), *Stima del valore di macchiatico del sughero estraibile dalla sughereta comunale di "Sa Matta", relazione tecnico economica e analisi prezzi.* Oniferi: 2013.

[8] Comune di Orotelli (Nuoro), *Stima del valore di macchiatico delle sugherete del comune di Orotelli site in Agro di Orotelli: relazione tecnico economica.* Orotelli: 2017.

[9] Comune di Pattada (Sassari), *Piano di decortica anno 2016, relativo alle sugherete di proprietà del Comune di Pattada site in località Regione "Sos De Nughedu", Regione "Su Fenuju" Regione "Peldidu Pane", Regione "Sololche" "Sa Raighina", "S'Elighentosa", "Suelzos Muttigosos" "Monte Suelzu Mameli", "Chelcos Longos", "Filu de Latturighe", "Sa Mela": relazione tecnica di stima.* Pattada: 2016.

[10] Comune di Talana (Nuoro), *Stima del valore di macchiatico del sughero estraibile dalla sughereta del comune di Talana: relazione tecnica.* Talana: 2019.

[11] De Martini A., Abis A., d'Angelo M., *Il Piano Forestale Ambientale Regionale della regione Sardegna.* In: *Alla ricerca della qualità nella Filiera Sughero – Vino*, Oristano – Auditorium di San Domenico, 12 maggio 2006, a cura di Dettori S. e Filigheddu M.R. Oristano: S'alvure, febbraio 2008, p. 7-15.

[12] Dettori S. [et al.], *Quantità e qualità delle produzioni sughericole regionali.* In: *Alla ricerca della qualità nella Filiera Sughero – Vino*, Oristano – Auditorium di San Domenico, 12 maggio 2006, a cura di Dettori S. e Filigheddu M.R. Oristano: S'alvure, febbraio 2008, p. 15-31.

[13] D.Lgs. 3 aprile 2018, n. 34 *"testo unico in materia di foreste e filiere forestali".*

[14] Ferretti F., Giulietti V., Pelleri F., *Tavole di cubatura a doppia entrata ed a una entrata per gli acero – frassineti di neoformazione della Comunità Montana Agno – Chiampo (Vicenza).* «Ann CRA – Centro Ricerche Selvicolturali», 36 (2009 – 2010), p. 59-66.

[15] Ingaramo R., Salizzoni E., Voghera A., *La valutazione dei Servizi Ecosistemici Forestali per la pianificazione e il progetto del territorio e del paesaggio*. «Valori e valutazioni», 19 (2017), p. 65-78.

[16] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici: rapporto ISPRA 288/2018.* Roma: ISPRA, 2018. ISBN 978-88-448-0902-7.

[17] Lingua A., *Cartografia numerica e GIS.* Torino: Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie.

[18] M.P, *Un metodo utile per razionalizzare le altezze di estrazione nei boschi a Quercus suber L. e aumentare la produzione di sughero*, <https://tinyurl.com/y5lqa9xy>. (Ultima consultazione: 20 agosto 2020).

[19] Pillari G., *La valutazione dei servizi ecosistemici forestali: Metodo e orientamenti e per la pianificazione territoriale attraverso il caso studio della Valle Tanaro.* [Tesi di laurea magistrale]. Torino: Politecnico di Torino, 2018.

[20] RaFItalia. *Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale in Italia: edizione 2017 – 2018.* Arezzo: Compagnia delle Foreste S.r.l., marzo 2019. ISBN: 978-88-98850-34-1

[21] Real cork, *Sughero. Cultura. Natura. Futuro.* <https://www.apcor.pt/en/portfolio-posts/the-environmental-brochure/> (Ultima consultazione: *20* giugno 2020).

[22] Regione Autonoma Sardegna, L.R. 9 febbraio 1994, n. 4 "*Disciplina e provvidenze a favore della sughericoltura e modifiche alla legge regionale 9 giugno 1989 n. 37, concernente "Disciplina e provvidenze a favore della sughericoltura e dell'industria sughericola""*.

[23] Regione Autonoma Sardegna. Direzione generale della difesa dell'ambiente, *Piano forestale ambientale regionale: allegato 1 schede descrittive di distretto, distretto 09 – Marghine-Goceano.* Sassari: assessorato della difesa dell'ambiente, settembre 2007.

[24] Regione Autonoma della Sardegna. Ente Foreste della Sardegna. *Piano forestale particolareggiato 2014 – 2023 del complesso forestale "Goceano" UGB "Fiorentini" – "Monte Pisanu" – "Anela": relazione tecnica.* Aggiornamento: agosto 2017.

[25] Regione Autonoma della Sardegna. Ente Foreste della Sardegna. *Piano forestale particolareggiato 2014 – 2023 del complesso forestale "Goceano" UGB "Fiorentini" – "Monte Pisanu" – "Anela": registro particellare.* Aggiornamento: agosto 2017.

[26] Regione Autonoma della Sardegna. Ente Foreste della Sardegna. *Piano forestale particolareggiato 2014 – 2023 del complesso forestale "Goceano" UGB "Fiorentini" – "Monte Pisanu" – "Anela": analisi multidisciplinari. Maggio* 2014.

[27] Regione Toscana, *Piano Regionale per la qualità dell'aria ambiente (PRQA): Linee guida per la messa a dimora di specifiche specie arboree per l'assorbimento di biossido di azoto, materiale particolato fine e ozono*, 24/10/2018. <https://tinyurl.com/yya5b6no> (Ultima consultazione: 27 agosto 2020);

[28] Santolini R., *Servizi ecosistemici e sostenibilità: la salvaguardia e il ripristino dei servizi ecosistemici, al fine di garantirne il ruolo chiave per la vita sulla terra e per il benessere umano, sono tra le priorità*

individuate nella strategia nazionale sulla biodiversità. Un nuovo approccio per riconsiderare i termini economici della sostenibilità. «Ecoscienza», 2010, n. 3, p. 20-23.

[29] Tabacchi G., Di Cosmo L., Gasparini P., Morelli S., 2011, *Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione, tavole di volume e tavole della fitomassa arborea epigea.* Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Trento. 412 pp

[30] Tomao A. [et al.], *Boschi, alberi forestali, esternalità e servizi ecosistemici.* «L'Italia forestale e Montana», 68 (2013), p. 57-73, DOI 10.4129/ifm.2013.2.01.

SITOGRAFIA

[1] http://www.millenniumassessment.org/en/index.html, ultima consultazione settembre 2020;

[2] http://www.lifemgn-serviziecosistemici.eu/IT/progetto/Pages/se.aspx, ultima consultazione settembre 2020;

[3] https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11259, ultima consultazione settembre 2020;

[4] http://www.ediltool.com/main/tabelle-dei-materiali/peso-specifico-legno/, ultima consultazione luglio 2020;

[5] http://www.vanninilegnami.it/, ultima consultazione luglio 2020;

[6] https://www.aielenergia.it/public/pubblicazioni/anteprima/8_BAF_preview.pdf, ultima consultazione luglio 2020;

[7] http://www.themeter.net/pesi-spec1.htm, ultima consultazione luglio 2020;

[8] https://www.agraria.org/, ultima consultazione giugno 2020;

[10] https://www.sardegnaforeste.it/, ultima consultazione settembre 2020;

[11] https://www.regione.sardegna.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[12] https://www.sardegnaforeste.it/notizia/legna-da-ardere-assortimenti-legnosi-ceppi-ramaglie-frasche-fascine-etc, ultima consultazione agosto 2020;

[13] https://www.sardegnanatura.com/, ultima consultazione giugno 2020;

[14] http://www.sardegnadigitallibrary.it/index.html, ultima consultazione luglio 2020;

[15] http://www.goceano.it/, ultima consultazione giugno 2020;

[16] https://www.comune.anela.ss.it/index.php, ultima consultazione giugno 2020;

[17] https://www.comune.bottidda.ss.it/, ultima consultazione giugno 2020;

[18] https://www.comune.bono.ss.it/index.php, ultima consultazione giugno 2020;

[19] http://www.comune.bultei.ss.it/hh/index.php, ultima consultazione giugno 2020;

[20] https://www.ss.camcom.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[21] http://prezzarioooperepubbliche.regione.basilicata.it/prezzarioop/prezzario/prezzari.xhtml, ultima consultazione agosto 2020;

[22] http://www.regione.sardegna.it/prezzario/, ultima consultazione agosto 2020;

[23] https://www.youtube.com/watch?time_continue=193&v=yfNgsKrPKsg&feature=emb_logo, ultima consultazione agosto 2020;

[24] https://ec.europa.eu/info/index_it, ultima consultazione agosto 2020;

[25] https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_it#:~:text=Sviluppare%20il%20mercato%20della%20CO2,degli%20scambi%20internazionali%20di%20carbonio., ultima consultazione agosto 2020;

[27] https://www.rivistaenergia.it/2020/04/covid-19-sprofonda-anche-il-prezzo-della-co2/, ultima consultazione agosto 2020;

[28] https://valori.it/cose-e-come-funziona-il-mercato-ets-dei-diritti-ad-inquinare/, ultima consultazione agosto 2020;

[29] https://carbon-pulse.com/, ultima consultazione agosto 2020;

[30] https://ember-climate.org/carbon-price-viewer/, ultima consultazione agosto 2020;

[31] http://dati.istat.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[32] http://www.sardegnastatistiche.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[33] https://www.istat.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[34] http://amisuradicomune.istat.it/aMisuraDiComune/, ultima consultazione agosto 2020;

[35] http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login, ultima consultazione agosto 2020;

[36] https://www.sardegnaimpresa.eu/it/news/osservatorio-nazionale-turismo-di-unioncamere-lincuria-del-territorio-colpisce-oltre-5000, ultima consultazione agosto 2020;

[37] https://www.sardegnaturismo.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[38] https://anagrafe.iccu.sbn.it/it/, ultima consultazione agosto 2020;

[39] http://imuseiitaliani.beniculturali.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[40] http://ottomilacensus.istat.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[41] http://www.isnart.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[42] https://www.unioncamere.gov.it/, ultima consultazione agosto 2020;

[43] http://osservatorio.sardegnaturismo.it/it/open-data, ultima consultazione agosto 2020;

[44] https://www.sughera.it/.

RINGRAZIAMENTI

Al termine di questo percorso desidero ringraziare la professoressa Manuela Rebaudengo, che mi ha seguito nella realizzazione e nella stesura di questo elaborato, per la sua grande disponibilità e professionalità dimostrata anche nelle numerose videochiamate di confronto e aggiornamento, che hanno sostituito gli incontri in presenza a causa del periodo emergenziale appena vissuto. Un ringraziamento anche al professor Francesco Prizzon per i preziosi consigli in merito agli argomenti trattati che mi ha fornito.

A conclusione di questo percorso universitario in Ingegneria Edile vorrei ricordare e ringraziare tutti i miei professori che hanno saputo trasmettermi, ciascuno con il proprio insegnamento, le conoscenze e competenze professionali che mi hanno permesso di raggiungere questo traguardo. In particolare, ringrazio i professori Maurizio Bocconcino, Pina Novello, Matteo Del Giudice e Francesca Ugliotti del corso di Disegno e il professor Francesco Tondolo con i quali ho avuto la possibilità di condividere, nell'ultimo anno accademico, un semestre da tutor per gli allievi dei corsi.

Un pensiero anche a tutti i compagni e colleghi incontrati durante i corsi dei vari anni con i quali ho condiviso momenti formativi e di confronto arricchenti per lo sviluppo delle mie competenze.

Ringrazio in particolare il collega e grande amico Andrea, da quando ci siamo conosciuti al secondo anno è sempre stato presente per me supportandomi e consigliandomi in importanti scelte. Insieme abbiamo svolto svariate esercitazioni e progetti di gruppo e, nonostante in alcuni momenti fossi irreperibile all'interno dei vari team works, ci siamo sempre confrontati in modo sereno per essere pronti ad affrontare nuove sfide. E un caro ricordo anche a Matteo: con te insieme ad Andrea abbiamo cercato di non fermarci nel difficile momento di passaggio tra la triennale e la magistrale... siamo arrivati all'ultimo ma ce l'abbiamo fatta tutti, insieme!!

Infine, per quanto riguarda l'esperienza torinese, devo essere molto riconoscente ad Alessandro, collega ed amico già dai tempi delle scuole superiori: insieme siamo partiti per questa grande avventura, io nel ramo Edile e tu in quello Civile. Con te abbiamo trascorso cinque anni di convivenza rispettosa, serena e tranquilla, senza mai aver avuto litigi o quant'altro, confrontandoci quando possibile sui corsi universitari in comune e aggiornandoci sui restanti.

Grazie anche a Diego, amico e collega conosciuto tra le aule del Poli con cui abbiamo condiviso un paio di anni di studio. Abbiamo in breve tempo instaurato un'amicizia duratura, rimanendo in contatto anche dopo il tuo cambio di corso di studio, e che manterrò con affetto anche negli anni a venire, ricordando i bei tempi universitari con le nostre consolidate tradizioni (il menù "classico", le assolate giornate di studio all'Imbarchino del Valentino in compagnia di Scienza delle Costruzioni e le piacevoli incursioni nel territorio monregalese).

Pensando ora ai miei periodi a casa lontano dal Poli, ovvero a tutti i week end ed ai periodi estivi, nella dolce Mondovì ridente, non posso non ringraziare il numeroso gruppo di amici dell'Azione Cattolica di Mondovì, che definirei come una seconda famiglia. Penso ovviamente alla Presidenza Diocesana, all'equipe del Settore Giovani e all'equipe ACR. Tutti voi, indipendentemente dal pezzo di strada che abbiamo percorso insieme, mi avete sempre fatto sentire a casa e accolto, accettandomi per quello che sono; insieme in questi anni abbiamo fatto grandi cose e sono convinto che saremo capaci, nonostante il difficile periodo che stiamo vivendo, di ripartire alla grande creando nuove iniziative pazzesche. In particolare, vorrei ringraziare Reciel e Gabri, Ciele, Spugna e Mario e Don Pucci per aver condiviso con me l'impegno della corresponsabilità all'interno dell'associazione.

Grazie anche agli amici del gruppo “Ciucatun”, Carlo, Besso, Resta e Tosca, sempre presenti in questi anni per ogni evenienza e necessità e con i quali abbiamo condiviso insieme numerose serate e divertenti avventure che spero possano continuare anche in futuro (grazie a voi, tra le altre cose, ho scoperto che a Mondovì erano presenti anche tigri e delfini).

Infine, il ringraziamento più importante va ai miei genitori che mi hanno sempre supportato incoraggiandomi in questa scelta, credendo in me e nelle mie capacità. Papà, mamma siete sempre stati presenti con il vostro aiuto soprattutto nei momenti più difficili, nonostante le difficoltà ed i sacrifici che avete dovuto affrontare. Un caro ricordo anche a mia nonna Giovanna: anche se ci hai lasciati quando avevo solo otto anni, sono convinto che da lassù sei felice per i miei traguardi raggiunti in questi anni, di cui quello odierno è uno dei più importanti, e continui a proteggermi e a vegliare su di me. Grazie anche alla “Maestra” Ida, mia prozia, e a mia madrina, Maria Giovanna e suo marito Alessandro, che hanno sempre creduto in me incoraggiandomi e interessandosi dei miei progressi.

Mondovì, 5 ottobre 2020 Lollo

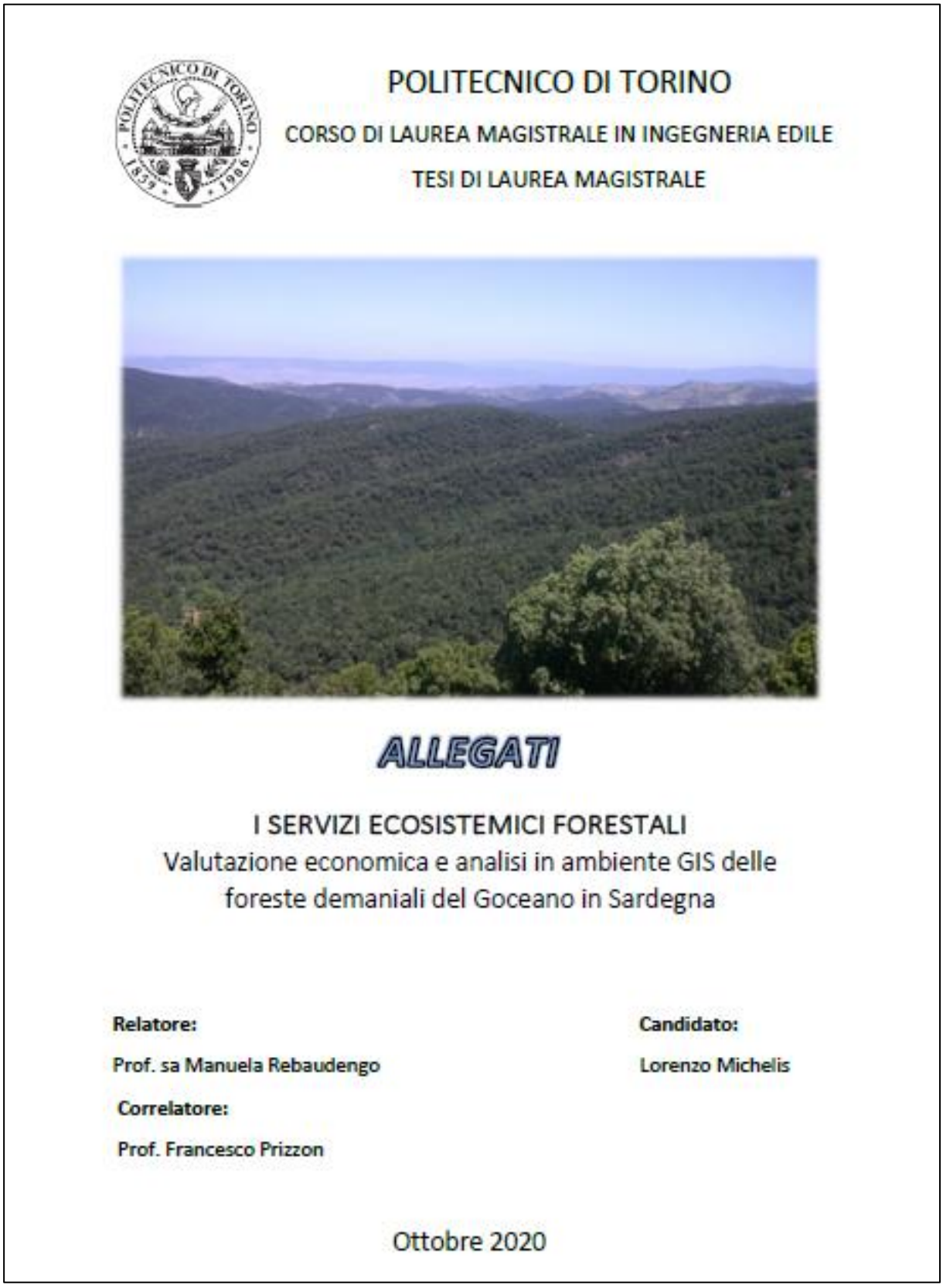
ALLEGATI

In questo capitolo sono riportati i riferimenti per scaricare i vari allegati realizzati con una breve descrizione del loro contenuto. Per accedere ai documenti in oggetto sarà sufficiente digitare il link abbreviato della risorsa desiderata oppure scansionare il relativo QR-Code. Si riporta di seguito una tabella schematica che riassume caratteristiche dei singoli allegati presenti.

Tabella 68 – Descrizione caratteristiche e tipologia allegati al presente elaborato. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Prodotto	Titolo	Formato output	Orientamento	Numero pagine
Allegato 1	Elenco delle specie presenti in ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	28
Allegato 2	Numero piante per specie forestale presenti in ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	27
Allegato 3	Assortimenti legnosi disponibili per specie forestali presenti in ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	28
Allegato 4	Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di legname disponibile in ciascuna SF	483x329 A3 esteso	Orizzontale	32
Allegato 5	Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di sughero gentile e sugherone disponibile in ciascuna SF classificata come sughereta	UNI A4	Orizzontale	7
Allegato 6	Costi di trasformazione del legname da lavoro o per uso energetico prodotto per ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	29
Allegato 7	Costi di trasformazione del sugherone e del sughero gentile prodotti per ciascuna SF classificata come sughereta	UNI A4	Verticale	7
Allegato 8	Valore economico (VE) e valore parametrico per ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	28
Allegato 9	VET – Funzione di approvvigionamento, legname da lavoro	483x329 A3 esteso	Orizzontale	12
Allegato 10	VET – Funzione di approvvigionamento, legname per uso energetico	483x329 A3 esteso	Orizzontale	12
Allegato 11	VET – Funzione di regolazione, protezione idrogeologica	UNI A4	Orizzontale	36
Allegato 12	Determinazione della quantità di CO_2 assorbita da ciascuna specie forestale presente in ciascuna SF	UNI A3	Orizzontale	22
Allegato 13	VET – Funzione di regolazione, sequestro di Carbonio	UNI A4	Verticale	24
Allegato 14	VET – Funzione culturale, turismo	UNI A4	Orizzontale	35
Allegato 15	Valore economico totale (VET) e valore parametrico per ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	36
Allegato 16	Analisi e confronto tra VE e VET per ciascuna SF	UNI A4	Orizzontale	36

Per una maggiore comodità e rapidità di consultazione, tutti gli allegati sono stati raccolti nel seguente fascicolo. La risorsa è scaricabile al seguente link: https://tinyurl.com/SEF-Allegati


POLITECNICO DI TORINO

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA EDILE

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

ALLEGATI

I SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI
Valutazione economica e analisi in ambiente GIS delle foreste demaniali del Goceano in Sardegna

Relatore:
Prof. sa Manuela Rebaudengo

Correlatore:
Prof. Francesco Prizzon

Candidato:
Lorenzo Michelis

Ottobre 2020

Figura 59 – Copertina fascicolo degli allegati contenente tutte le analisi e le valutazioni economiche effettuate. [Fonte: elaborazione dell'autore].

Allegato 1:
Specie forestali presenti in ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto vengono indicate le percentuali di copertura di ciascuna specie forestale presente all'interno di ogni sottoparticella forestale.

(https://tinyurl.com/SEF-All-1)

Allegato 2:
Numero piante per specie forestale presenti in ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto vengono indicate il numero di piante di ciascuna specie forestale presente all'interno di ogni sottoparticella forestale.

(https://tinyurl.com/SEF-All-2)

Allegato 3:
Assortimenti legnosi disponibili per specie forestali presenti in ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto vengono riportate le quantità di legname disponibile per ciascuna specie forestale presente all'interno di ogni sottoparticella forestale.

(https://tinyurl.com/SEF-All-3)

Allegato 4:
Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di legname disponibile in ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto vengono riportati i ricavi derivanti dalla vendita (valore di mercato) di legname per uso energetico o da lavoro presente all'interno di ogni sottoparticella forestale.

(https://tinyurl.com/SEF-All-4)

Allegato 5:
Stima dei ricavi derivanti dalla vendita di sughero gentile e sugherone disponibile in ciascuna SF classificata come sughereta

Nell'allegato in oggetto vengono riportate vengono riportati i ricavi derivanti dalla vendita (valore di mercato) di sughero gentile e sugherone presente all'interno di ogni sottoparticella forestale indicata come sughereta dal rilievo effettuato dai tecnici dell'agenzia Forestas.

(https://tinyurl.com/SEF-All-5)

Allegato 6:
Costi di trasformazione del legname da lavoro o per uso energetico prodotto per ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto vengono riportati i costi sostenuti per l'estrazione del legname da ciascuna sottoparticella forestale presente.

(https://tinyurl.com/SEF-All-6)

Allegato 7:
Costi di trasformazione del sughero e del sughero gentile prodotti per ciascuna SF classificata come sughereta

Nell'allegato in oggetto vengono riportati i costi sostenuti per l'estrazione del sughero gentile e del sugherone da ciascuna SF ove sono presenti sughere.

(https://tinyurl.com/SEF-All-7)

Allegato 8:
Valore economico (VE) e valore parametrico per ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto viene riportato il valore economico (VE) per ciascuna sottoparticella forestale, ottenuto dalla differenza tra i ricavi ed i costi prima determinati. Inoltre, si determina anche un valore parametrico riferito ad una superficie unitaria di un ettaro.

(https://tinyurl.com/SEF-All-8)

Allegato 9:
VET – Funzione di approvvigionamento, legname da lavoro

Nell'allegato in oggetto viene determinato il valore del servizio ecosistemico di approvvigionamento di legname da lavoro per ciascuna SF interessata.

(https://tinyurl.com/SEF-All-09)

Allegato 10:
VET – Funzione di approvvigionamento, legname per uso energetico

Nell'allegato in oggetto viene determinato il valore del servizio ecosistemico di approvvigionamento di legname per uso energetico per ciascuna SF interessata.

(https://tinyurl.com/SEF-All-10)

Allegato 11:
VET – Funzione di regolazione, protezione idrogeologica

Nell'allegato in oggetto viene determinato il valore del servizio ecosistemico di regolazione, in particolare i benefici derivanti dalla presenza delle specie forestali nella protezione dei pendii dal rischio idrogeologico.

(https://tinyurl.com/SEF-All-11)

Allegato 12:
Determinazione della quantità di CO_2 assorbita da ciascuna specie forestale presente in ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto viene determinata la quantità di anidride carbonica assorbita in un anno da ciascuna specie forestale presente in ogni sottoparticella forestale. I valori sono espressi in tonnellate di CO_2 assorbita.

(https://tinyurl.com/SEF-All-12)

Allegato 13:
VET – Funzione di regolazione, sequestro di Carbonio

Nell'allegato in oggetto viene determinato il valore del servizio ecosistemico di regolazione, in particolare il sequestro di carbonio presente in atmosfera, grazie alla presenza delle numerose specie forestali, per ciascuna sottoparticella forestale presente.

(https://tinyurl.com/SEF-All-13)

Allegato 14:
VET – Funzione culturale, turismo

Nell'allegato in oggetto viene determinato il valore del servizio ecosistemico culturale, dovuto alla presenta sul territorio di attività ludiche, culturali e attrattive, per ciascuna sottoparticella forestale presente.

(https://tinyurl.com/SEF-All-14)

Allegato 15:
Valore economico totale (VET) e valore parametrico per ciascuna SF

Nell'allegato in oggetto viene riportato il valore economico totale (VET) per ciascuna sottoparticella forestale, ottenuto sommando i contributi descritti in precedenza. Inoltre, si determina anche un valore parametrico riferito ad una superficie unitaria di un ettaro.

(https://tinyurl.com/SEF-All-15)

Allegato 16:
Confronto tra il VE e il VET per ciascuna SF

Si riporta infine un confronto tra il valore economico totale ed il valore economico, riferito a ciascuna sottoparticella forestale presente.

(https://tinyurl.com/SEF-All-16)